

Annual Report of the Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1990

Годовой отчет Венгерского Геофизического Института им. Лоранда Этвеша
за 1990 г.

A Magyar Állami
Eötvös Loránd
Geofizikai Intézet
1990. évi
jelentése





A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND
GEOFIZIKAI INTÉZET

1990. ÉVI JELENTÉSE

ANNUAL REPORT

OF THE
EÖTVÖS LORÁND GEOPHYSICAL INSTITUTE OF HUNGARY
FOR 1990

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ

ВЕНГЕРСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМ. ЛОРАНДА ЭТВЕША
ЗА 1990 Г.

Szerkesztő:
Hegybíró Zsuzsanna

ETO (UDC) 550.3(061.6) (439 Budapest) (058)
HU ISSN 0524-8655

Felelős kiadó: Ráner Géza
Összeállította: Kakas Kristóf és Pápai Ildikó

1	FÖLDTANI KUTATÁS	11
1.1	Regionális földtani kutatás.....	12
1.1.1	Szeizmikus reflexiók kutatás a Pannon Geotraverz mentén.....	12
1.1.2	Reflexiók mérések az Ózd–Putnok medencében.....	20
1.2	Köszén-előkutatás.....	28
1.2.1	Áttekintés.....	28
1.2.2	Széntelepes összlet azonosítása szeizmikus és mélyfúrásgeofizikai adatok alapján a várpalotai területen.....	32
1.3	Bauxitkutatás.....	38
1.3.1	Áttekintés a bauxitelőkutatásról.....	38
1.3.2	A felderítő és részletező fázisú bauxitkutató mérések áttekintése.....	44
1.3.3	A légigeofizikai mérések földtani értelmezése.....	46
1.4	Geofizikai mérések a környezetvédelem céljaira.....	60
1.4.1	Veszélyeshulladék-lerakó telepek vizsgálata.....	60
1.4.2	Hulladéklerakók vizsgálata.....	64
1.4.3	Környezeti károk feltárása — olajszennyezés.....	66
2	GEOFIZIKAI MÓDSZEREK ÉS MŰSZEREK KUTATÁSA ÉS FEJLESZTÉSE	71
2.1	Szeizmikus módszer- és műszerkutatás.....	72
2.1.2	Az észlelési távolságtól függő amplitúdóváltozás vizsgálata.....	76
2.1.3	Vertikális szeizmikus (VSP) feldolgozás személyi számítógépen.....	80
2.1.4	Refrakciós adatfeldolgozás személyi számítógépen.....	84
2.1.5	A végeeselemes modellezés alkalmazása.....	86
2.1.6	Sebességtomográfia longitudinális és transzverzális hullámokkal.....	92
2.1.7	A kismélységű fúrólukák közötti szeizmikus átvilágítás lyukszondáinak fejlesztése.....	96
2.1.8	A "GTS-150" geofon paraméter ellenőrző műszer.....	98

2.2	Geoelektromos módszer- és műszerkutatás.....	106
2.2.1	A mérnökgeofizikai szondázó berendezés fejlesztése.....	106
2.3	Mélyfúrásgeofizikai módszer- és műszerkutatás.....	114
2.3.1	Az ELGI kútgeofizikai metrológiai bázisa.....	114
2.3.2	A rétegdőlésmérés és műszerének fejlesztése.....	118
3	FÖLDFIZIKAI KUTATÁS.....	129
3.1	A földmágneses tér vizsgálata.....	130
3.2	Az MGH-50 és MGH-80 graviméteres alaphálózatok összekapcsolása.....	134
3.3	La Coste-Romberg (LCR) graviméterek visszacsatoló rendszere.....	140
3.4	Geodinamikai vizsgálatok.....	146
4	PÉLDÁK AZ INTÉZET NEMZETKÖZI TEVÉKENYSÉGÉBŐL.....	153
4.1	Mongóliai nemzetközi földtani expedíció eredményei.....	154
4.2	Földtani expedíciók Kubában.....	166
4.3	Beszámolók az osztrák-magyar geofizikai együttműködésről.....	176
4.4	Kísérleti szeizmikus mérések Ausztriában.....	180
4.5	INTERPEX ügynöki szerződés.....	184
	Könyvtári szolgálat.....	186
	Kiadványok.....	186

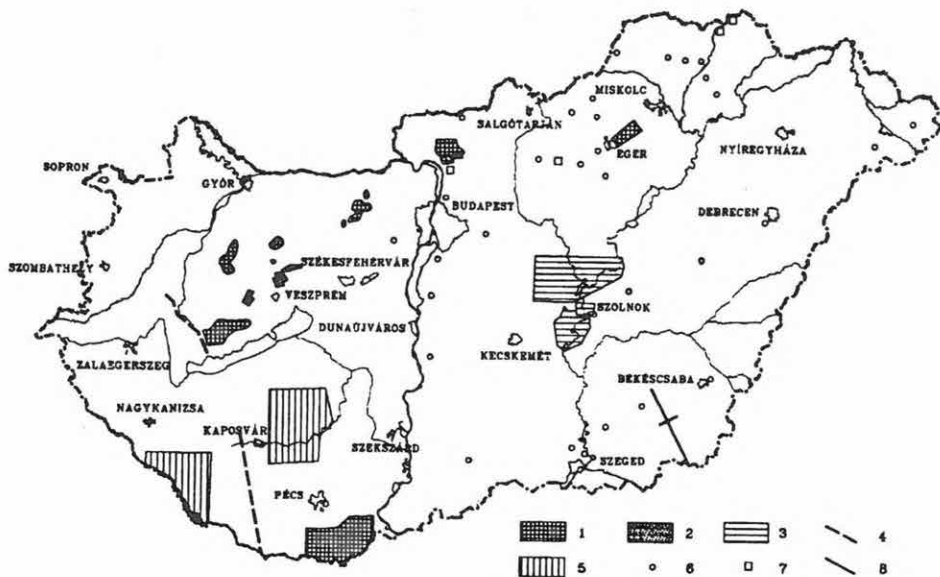
CONTENTS

1	GEOLOGICAL PROSPECTING.....	11
1.1	Regional geological prospecting.....	13
1.1.1	Reflection seismics along the Pannonian Geotraverse.....	13
1.1.2	Reflection surveys in the Ózd-Putnok basin.....	21
1.2	Coal prospecting.....	29
1.2.1	Review.....	29
1.2.2	Identification of coal layers with seismic and well log data in the Várpalota mining area.....	33
1.3	Bauxite prospecting.....	39
1.3.1	Review of the reconnaissance survey.....	39
1.3.2	Detailed bauxite prospecting.....	45
1.3.3	Geological interpretation of the results of airborne geophysical measurement.....	47
1.4	Geophysical survey for environmental protection.....	61
1.4.1	Investigation of dangerous waste deposits.....	63
1.4.2	Investigation of waste deposits.....	65
1.4.3	Revelation of environmental damage — contamination by oil.....	67
2	METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH IN GEOPHYSICS.....	71
2.1	Seismic methodological and instrumental research.....	73
2.1.1	Present state of seismic data processing.....	73
2.1.2	Amplitude versus offset analysis.....	77
2.1.3	Processing of Vertical Seismic Profiling (VSP) data on personal computer.....	81
2.1.4	Processing of refraction data on personal computer.....	87
2.1.5	Application of finite-element modeling.....	87
2.1.6	Velocity tomography by longitudinal and transversal waves.....	93
2.1.7	Sonde development for seismic cross-hole measurement.....	97
2.1.8	The 'GTS-150' geophone tester.....	99

2.2	Geoelectric methodological and instrumental research.....	107
2.2.1	Development of engineering geophysical sounding equipment.....	107
2.3	Well logging methodological and instrumental research.....	115
2.3.1	Metrological Station for Well Logging.....	115
2.3.2	Development of a dipmeter system.....	119
3	EARTH PHYSICS RESEARCH.....	129
3.1	Investigation of the geomagnetic field.....	131
3.2	Linking the MGH-50 and MGH-80 gravimetric networks.....	135
3.3	Feed back system for La Coste-Romberg (LCR) gravimeters.....	141
3.4	Geodynamic investigations.....	147
4	ELGI'S ACTIVITIES ABROAD.....	153
4.1	Results of the international geological expedition in Mongolia.....	155
4.2	Geological expeditions in Cuba.....	167
4.3	Austrian-Hungarian cooperation in geophysics.....	177
4.4	Experimental seismic measurement in Austria.....	181
4.5	INTERPEX agent contract.....	185
	Library.....	187
	Publications.....	187

1	ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ.....	191
1.1	Региональные геологоразведочные работы.....	193
1.1.1	Сейсморазведка МОВ по Паннонскому Геотраверсу.....	193
1.1.2	Измерения МОВ в бассейне Озд-Путнок.....	197
1.2	Разведка углей.....	203
1.2.1	Обзор.....	203
1.2.2	Корреляция угленосной толщи по данным сейсморазведки и скважинной геофизики на месторождении Варпалота.....	205
1.3	Поиски бокситов.....	209
1.3.1	Обзор предварительных поисков бокситов.....	209
1.3.2	Обзор геофизических измерений при поисках и разведке бокситов.....	212
1.3.3	Геологическая интерпретация данных аэрогеофизических измерений.....	214
1.4	Геофизические измерения по охране окружающей среды.....	221
1.4.1	Исследование хранилищ опасных отходов.....	222
1.4.2	Исследование хранилищ отходов.....	223
1.4.3	Выявление ущерба, нанесенного окружающей среде, нефтепродуктами.....	225
2	ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ.....	227
2.1	Методика и аппаратура сейсморазведки.....	229
2.1.1	Состояние обработки данных сейсморазведки.....	229
2.1.2	Исследование изменений амплитудб зависящих от расстояния наблюдений.....	230
2.1.3	Обработка вертикального сейсмического профилирования (VSP) на персональном компьютере.....	232
2.1.4	Обработка данных суйсморазведки КМПВ на персональном компьютере.....	234
2.1.5	Применение моделирования способом конечных элементов.....	235

2.1.6	Скоростная томография по продольным и поперечным волнам.....	239
2.1.7	Разработка зондов для сейсмического просвечивания между малоглубинными скважинами.....	241
2.1.8	Прибор "GTS-150" для проверки параметров сейсмоприемников.....	243
2.2	Методика и аппаратура электроразведки.....	247
2.2.1	Разработка аппаратуры для инженерно-геофизического зондирования.....	247
2.3	Разработка методов и аппаратуры для промысловой геофизики.....	251
2.3.1	Метрологическая база ЭЛГИ по каротажу.....	251
2.3.2	Разработки в области измерения угла наклона пластов и прибора для его измерений.....	253
3	ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ.....	257
3.1	Исследование магнитного поля земли.....	259
3.2	Объединение гравиметрических опорных сетей ГСВ-50 и ГСВ-80.....	261
3.3	Система обратной связи гравиметров Ла Коста-ромберга (LCR).....	263
3.4	Геодинамические исследования.....	267
4	ПРИМЕРЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛГИ ЗА РУБЕЖОМ.....	271
4.1	Результаты деятельности международной геологической экспедиции в Монголии.....	273
4.2	Геологические работы на Кубе.....	281
4.3	Отчет об Австрийско-Венгерском геофизическом сотрудничестве.....	287
4.4	Опытная сейсморазведка в Австрии.....	291
4.5	Агентурный контакт с фирмой ИНТЕРПЕКС.....	293
	Работа библиотеки.....	294
	Издания.....	294



1. ábra. Az ELGI terepi mérései 1990-ben

- 1 — ásványi nyersanyagok komplex kutatása;
- 2 — környezetvédelmi és vízkutató mérések;
- 3 — szeizmikus területi mérések;
- 4 — szeizmikus mérési vonal;
- 5 — geoelektromos területi mérések;
- 6 — szelvénymenti geoelektromos mérés;
- 7 — légi geofizikai felvételezés

Fig. 1. Field work of ELGI, 1990

- 1 — integrated prospecting for minerals;
- 2 — environmental projects and water prospecting;
- 3 — seismic survey;
- 4 — seismic line;
- 5 — geoelectric survey;
- 6 — geoelectric survey line;
- 7 — airborne geophysics

рис. 1. Полевые работы ЭЛГИ за 1990 г.

- 1 — комплексные поиски полезных ископаемых;
- 2 — поиски воды и измерения с целью решения задач охраны природы;
- 3 — площадные измерения по сейсморазведке;
- 4 — сейсмический профиль;
- 5 — площадные электроразведочные работы;
- 6 — электроразведочные профили;
- 7 — аэрогеофизическая съемка

1 FÖLDTANI KUTATÁS

1 GEOLOGICAL PROSPECTING

1. 1. 1 Szeizmikus reflexiós kutatás a Pannon Geotraverz mentén

Posgay Károly, Hegedűs Endre, Tímár Zoltán

Bevezetés

A földkéreg és a felsőköpeny térségéből származó mélyszeizmikus és más földtudományi adatok — világszerte azonos elvek szerinti — gyűjtése és értelmezése geotraverzek mentén történik. A geotraverzek a kontinensek nagyszerkezeti jellegzetességeit vizsgálják. A Pannon Geotraverz menti vizsgálatok célja az alpi-kárpáti orogén övön belüli Pannon medence mélyszerkezetének megismerése volt.

A Pannon Geotraverz (PGT) északon a 2T jelű, szlovákiai kéregkutató szelvényhez csatlakozik (2. ábra), amely harántolja a Nyugati-Kárpátok északi részén a Magura flis zónát, a Pieniny szirtövet, a belső Nyugati Kárpátokat (Tatricum, Veporicum) és a magyar határ közeli fiatal üledékes területet [TOMEK et al. 1987].

A Pannon Geotraverz északi szakaszát a csehszlovák határnál kezdődő ÉK-2 jelű szelvény alkotja, amelyet a földtani alapvonalak geofizikai vizsgálata program keretében mértünk. Az ÉK-2 szelvény a Mátra és a Bükk hegység között halad és Kömlőtől délre fejeződik be. Az ÉK-2 Kömlőtől D-re eső szakaszát átlapolva kezdődik a kéreg és felsőköpeny kutató szelvény, amely a román határ közelében fejeződik be. Ez a szelvény a Központi Földtani Hivatal és az Országos Tudományos Kutatási Alap finanszírozásával készült. A Kömlő és a Békési medence (kb. Doboz) közötti szelvényt szakasz szeizmikus reflexiós eredményeit ismertetjük jelen cikkünkben.

A román kutatók érdeklődnek a vonal folytatása iránt és vizsgálják a Déli-Kárpátokat harántoló vonal mérési lehetőségeit. Az 1990 szeptemberi bayreuthi litoszférakutató szimpóziumon a BIRPS (the British Institutions Reflection Profiling Syndicate) bejelentette, hogy az Égei- és Földközi tengert harántoló szelvényt tervez [HOBBS et al. 1990]. Ezzel a közléssel jó összhangban volt az a javaslatunk [POSGAY et al. 1990b], hogy nemzetközi összefogással a Pannon

1. 1 REGIONAL GEOLOGICAL PROSPECTING

1. 1. 1 Reflection seismics along the Pannonian Geotraverse

Károly Posgay, Endre Hegedűs, Zoltán Tímár

Introduction

Seismic and other geological data on the deep structure of the earth's crust and upper mantle are collected and interpreted on the basis of the same principals used for along the geotraverses. Tectonic peculiarities of the continents are being studied along geotraverses. Investigations on the Pannonian Geotraverse we aimed at examining and elaborating the deep structure of the Pannonian Basin situated within the Alpine- Carpathian orogene.

The Pannonian Geotraverse (PGT) is merged in the north with the Czech-Slovak crustal profile 2T (*Fig. 2*) which crosses in the northern West Carpathians the Magura flysch zone, the Pieniny Klippen belt, the Inner West Carpathians (Veporids and Gemerids) as well as late sedimentary area at the Hungarian border [TOMEK et al. 1987].

The northern section of the Pannonian Geotraverse is represented by the base lines ÉK-2 which start at the Czech-Slovak border, run between the Mátra and Bükk Mountains and end south of the village of Kömlő. Measurements on the profile were performed in the frame of the program of the geophysical study of the basic profiles. The profile for studying the earth's crust and upper mantle starts with an overlap of the ÉK-2 profile south of the village of Kömlő and ends at the Romanian border. Measurements were supported by the Central Geological Office of Hungary and by the Science Research Found of the Hungarian Academy of Sciences. In this report the results of reflection seismics are presented on the section of the profile between the village of Kömlő and the Békés Basin (near the village of Doboz).

Romanian scientists expressed interest in measurements relating to the continuation of the profile, and the possibilities for measurements on a profile across the South Carpathians are being studied. At the Symposium on Deep Seismic Reflection Profiling of the Continental Lithosphere held in Bayreuth,

2. ábra. A Pannon Geotraverz (PGT), a cseh és szlovák 2T, továbbá a D-i folytatásra javasolt nemzetközi szelvények helyszínvázlata



Fig. 2. Sketch to illustrate location of the Pannonian Geotraverse (PGT), of the Czech-Slovak profile 2T and of the international profiles proposed on the southern continuation of the Geotraverse



рис. 2. Схема расположения временного сейсмического профиля вдоль Паннонского Геотраверса (ПГТ), а также чешско-словацкого профиля 2Т, а также международных профилей, предлагаемых на южном продолжении геотраверса

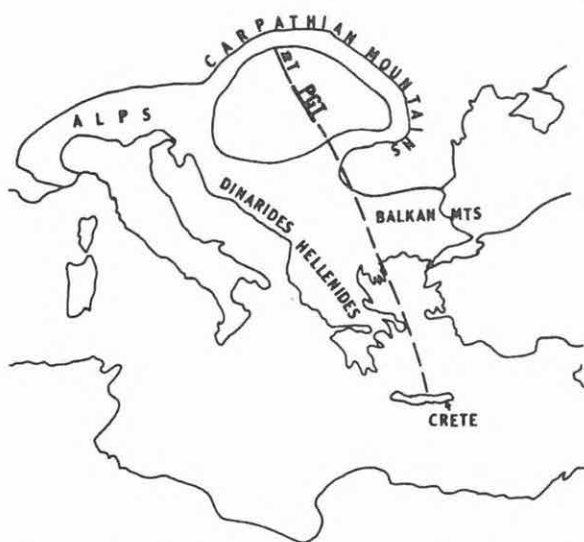


Geotraverzhez délen csatlakozó szelvény készüljön, amely Románián, Bulgárián, Görögországon és az Égei tengeren át Krétától délre a Földközi tengerig húzódna (2. ábra). Ez a geotraverz a meglévő 2T szelvény figyelembevételével a teljes "alpi övezetet" harántolná úgy, hogy közben több "köztes medence" szerkezetét is feltárná.

Módszertani kérdések

A globális tektonika egyik alapvető feltételezése, hogy a "merek" litoszféramezek elmozdulnak a "képlékeny" asztenoszférán és az asztenoszférába be is nyomulhatnak. A litoszféramezek jelenlegi szerkezetének ismerete segítheti kialakulásuk megértését és a feltárható ásványi nyersanyagok előfordulási törvényszerűségeinek jobb megismerését. A litoszféramezek vertikális inhomogenitása szükségessé teszi, hogy teljes vastagságuk megismerésére törekedjünk.

A szeizmikus reflexiós kutatások a földkéreg szerkezetének megismerésében jelentős szerephez jutottak. A szubkrusztális litoszférából viszont csak ritkán sikerült adatokat kapni [DOHR 1970, POSGAY 1975, POSGAY et al. 1980, 1981a, 1981b, 1986, BREWER et al. 1983, LIE et al. 1990]. A Pannon Geotraverz mentén folytatott reflexiós kutatásoknál a terepi és a számítógépes feldolgozási paramétereket úgy igyekeztünk kialakítani, hogy lehetőség szerint a teljes litoszféra és az asztenoszféra időtartományából is kapjunk adatokat [POSGAY et al. 1990a]. E törekvések lényeges eleme, hogy az általában használnál alacsonyabb (2–10 Hz) frekvencia tartomány keltésére, észlelésére és megőrzésére is törekedtünk: alulvágó szűrők helyett a reflexiós jel/felszínközeli-hullám amplitúdó viszonyt 50–70 m mélységű fúrt lyukakban végzett robbantásokkal és sebességszűrővel javítottuk. Ez utóbbival 0–5 Hz között a 250–1000 m/s látszólagos sebességű, 0–10 Hz között a 2500–3000 m/s látszólagos sebességű sávot gyengítettük. Amplitúdóhű feldolgozást végeztünk geometriai korrekció alkalmazásával. A sebességmeghatározáshoz a Biharkeresztesnél meghatározott intervallumsebességeket alkalmaztuk az üledékes összlet vastagságának és a jellegzetes reflexiócsoportok szelvénymenti



September 1990, the British Institutions Reflection Profiling Syndicate (BIRPS) stated their intention of carrying out a project of reflection seismic profiling across the Aegean and Mediterranean Sea [HOBBS et al. 1990]. In complete harmony with this, the authors [POSGAY et al. 1990b] offered to unite international efforts and to create a profile on the southern continuation of the Pannonian Geotraverse across Romania, Bulgaria, Greece and the Aegean Sea up to the Mediterranean Sea south of the island of Crete (Fig. 2). This Geotraverse — together with the existing profile 2T — would cross the Alpine belt thereby providing an insight into the structure of several ‘intermediate basins’.

The applied methods

One of the main postulates of global tectonics consists in the movement of ‘rigid’ lithospheric plates on the ‘plastic’ asthenosphere and these plates may intrude into the asthenosphere. Knowledge of the present-day structure of the lithospheric plates is likely to promote a more complete realization of their origin and may lead to a better understanding of the rules of mineral arrangement. The vertical inhomogeneity of the lithospheric plates generates efforts to study them in relation to their total thickness.

Reflection seismic profiling has gained an important role in studying the structure of the earth’s crust. Information on the subcrustal lithosphere, however, scarcely became available [DOHR 1970, POSGAY 1975, POSGAY et al. 1980, 1981a, 1981b, 1986, BREWER et al. 1983, LIE et al. 1990]. In the course of reflection seismic profiling on the Pannonian Geotraverse we chose the parameters of the field work and the parameters for computing the results with the aim of obtaining information on the whole of the time interval that corresponds to the lithosphere

elhelyezkedésének figyelembevételével. [POSGAY et al. 1979, 1980, 1981a, 1981b, 1986].

A Pannon Geotraverz szeizmikus szelvényének Kömlő és Doboz közötti részlete látható a *mellékleten*. A legnagyobb amplitúdókat lilás árnyalattal, a legkisebbeket világoskékkel jelöltük.

A Szolnok–Máramarosi flis öv alatti fő eltolódásos törészóna

A Pannon Geotraverz néhány sávjában a reflexiók jelentős gyengülése figyelhető meg. A legmarkánsabb egy 7 km széles zóna, amely a szelvény ÉNY-i irányába meredeken dől. Látszólagos dőlése kb. 80°. A zóna felső része közvetlenül a jól reflektáló fiatal (túlnyomórészt neogén) üledékek alatt a 74. és 81. szelvénykilométer között helyezkedik el. A sávon belül feltételezhető szétágazó törések között a szintek több helyen — nyomott zónára utalóan — felfelé domborulnak. Feltevésünk szerint az energiaszegény sáv olyan nagyszerkezeti zónát jelez, amelyben — töredezettsége folytán — nagyobb a szeizmikus hullámok energiavesztése, mint a környezetében. A törészóna olyan litoszféra részeket különít el, amelyek szeizmikus képe eltérő. Az eltolódásra utaló virágszerkezet a szénhidrogénkutató szeizmikus szelvényeken a neogén kori rétegekben is kirajzolódik [RUMPLER et al. 1988, POGÁCSÁS et al. 1989, D. LŐRINCZ et al. 1990, SZEIDOVITZNÉ 1991].

A gyenge beérkezések zónája kb. 1,8–2 s-t (kb. 7–8 km-t) nyúlik be a szubkruszális litoszférába. Valószínű, hogy az eltolódás törészónájának ez az alsó határa.

A kéreg–köpeny határtartomány finomszerkezete

A kéreg–köpeny határzónában több, azonos keletkezési mechanizmusra utaló szerkezet található. Értelmezésük jellemzésére vizsgáljuk meg a szelvény 84. kilométere táján lévő szerkezetet. A 84. kilométernél a 8,4 s mélységébe emelkedő szintet egy korábbi kéreg–köpeny határként értelmezzük. Alakja a kéreg–köpeny zóna egykori torlódásait jellemzi. Szilárdságára, merevségére következtethetünk töréses–gyűrt szerkezetéből. Alatta 8,8 s táján É-ra (balra) látható az az idősebb kéreg–köpeny határ, amelyre rátolódott. Az itt D-felé kezdődő közel vízszintes reflexiósort az új helyzetben kialakult, vagy kialakulóban lévő határnak tartjuk. Ez alatt plasztikusabbnak látszó, meghajlott rétegsort találunk. Ennek a D-i része a 84. kilométernél 8,8 s-tól D-felé lejtő feltolódási felület mentén — több fázisnyi elmozdulást sugallva — rátolódik a hasonló képet mutató É-i összletre. A meghajlított rétegösszlet D-i része egy, a 99. kilométer 8,8 másodperce tájától D-felé lejtő feltolódási felület felé emelkedik. A kép azt sugallja, hogy kezdetben a felsőköpenynek a kéreg–köpeny határtartománya csak meggyűrődött, majd ami-

and asthenosphere [POSGAY et al. 1990a]. An important factor in these efforts was the generating, recording and saving of frequencies (2–10 Hz) lower than the usual interval. The amplitude ratio ‘reflected signal to near surface wave’ was improved by means of explosions in 50–70 m boreholes and velocity filtration instead of using low-cut filters. In this way, at 0–5 Hz the apparent velocity band 250–1000 m/s was weakened and at 0–10 Hz, the band was 2500–3000 m/s. Data processing was performed with the preservation of magnitudes by means of geometrical corrections. In velocity determination interval velocities computed for the Bihar-keresztes profile were used to account for the sedimentary thickness and the arrangement of characteristic reflections in the profile [POSGAY et al. 1979, 1980, 1981a, 1981b, 1986].

The seismic section of the Pannonian Geotraverse between the villages of Kömlő and Doboz is presented in the *enclosure*. The maxima of amplitudes are displayed in violet, the minima in light blue.

The main strike-slip zone below the Szolnok–Máramaros flysch belt

In several zones of the Pannonian Geotraverse significant weakening of the reflections is observable. A zone of about 7 km in the width dipping at about 80° to the northwest is the most expressed phenomenon within the profile. The upper part of the zone directly at the bottom of the late (prevalingly Neogene) sediments with good reflections is situated between 74 and 81 km of the profile. In this zone virgating faults can be assumed with convex-to-the-top horizons between them that point to location within a compression zone. It is assumed that the low-energy zone marks a tectonic zone in which — due to the strong perturbation of the layers — the seismic energy is much more decreased than in the surroundings. The dislocation zone separates lithospheric areas with different seismic pattern. The ‘flower structure’ indicating strike slip is visible in the Neogene sediments as well as on the petroleum seismic profiles [RUMPLER et al. 1988, POGÁCSÁS et al. 1989, D. LÓRINCZ et al. 1990, SZEIDOVITZNÉ 1991]

The zone of weak reflections dives into the subcrustal lithosphere as well. The strike-slip zone is probably limited here from below.

Fine structure of the crust–mantle boundary zone

In the crust–mantle boundary zone several structures of the same development mechanism are visible. To offer an explanation for these features the structure at 84 km of the profile will be discussed. Here the horizon elevating up to 8.4 s is assumed to have been an ancient crust–mantle boundary. Its topography indicates areas of ancient compression in the crust–mantle transition zone. The block fold structure of this zone may point to its rigidity and hardness. Deeper,

kor a feszültségek meghaladták a rétegösszlet teherbíróképességét, elnyíródás és feltolódás következett be.

A 48. és 69. szelvénykilométerek táján is találunk azokhoz hasonló feltolódási felületeket, mint amilyenek a kéreg–köpeny határt a 84. illetve 99. szelvénykilométereknél metszik. A feltolódások a Pannon Geotraverz 68–75. szelvénykilométerre felé emelkedő felületek mentén történtek. A kéreg–köpeny határzónában a szelvényen itt jelentkezik a legerősebb igénybevétel mutató eltolódási törésszóna. A feltolódási felületek szelvénybeni metszetei a mélység felé egyre enyhébben lejtenek. A mai kéreg–köpeny határ alatt kb. 2 s-al kezdődő mélységtartományban válnak vízszintessé. Eddig a mélységtartományig figyelhető meg a fő eltolódási zónában a beérkezések amplitúdócsökkenése is.

Úgy véljük, hogy a Pannon Geotraverz mentén mind a csökkent amplitúdókkal jelentkező eltolódásos törésszóna "aljából", mind a feltolódási síkok közel vízszintes részeiből a szubkrusztális litoszféra (11–12 s táján kezdődő) képlékenyebb mélységtartományára következtethetünk. Ennek mérsékelt szilárdsága elősegíthette az eltolódásos törérendszerrel kapcsolatos elmozdulások létrejöttét.

Összefoglalás

A Pannon Geotraverz amplitúdóhű feldolgozású reflexiós időszelvényén egy közelítőleg 7 km széles, eltolódásos törésszóna 5–10 kilométernyire bemélyül a felső köpenybe (melléklet). A törésszóna mindkét oldalán a kéreg–köpeny határ mélységtartományában a törésszóna felé mutató feltolódások vannak. A feltolódási felületek enyhe dőlésűek és 5–10 km-rel a kéreg–köpeny határ alatt közel vízszintesek. A fő eltolódási törésszóna alsó elvégződéséből és a feltolódási felületek vízszintes szakaszából — a kéreg–köpeny határ alatt 5–10 kilométerrel kezdődő — képlékeny kőzetekből álló mélységtartományra következtethetünk.

Irodalom/References

- BREWER, J. A., MATTHEWS D. H., WARNER M. R., HALL J., SMYTHE D. K., WHITTINGTON R. J. 1983: BIRPS deep seismic reflection studies of the British Caledonides. *Nature* 305, pp. 206–210
- DOHR G. 1970: Reflexionsseismische Messungen im Oberrheingraben mit digitaler Aufzeichnungstechnik und Bearbeitung. *In: Graben Problems. Schweizerbart, Stuttgart* pp. 207–218
- D. LÓRINCZ K., POLCZ I., SZABÓ P. 1990: A Szolnok–Törökszentmiklós környékén végzett szeizmikus reflexiós mérések. ELGI 1988–89. évi jelentése pp. 65–69
- HOBBS R. and BIRPS Core Group 1990: BIRPS Past–BIRPS Future. 4th International Symposium on Deep Seismic Reflection Profiling of the Continental Lithosphere. Bayreuth (Germany) Abstract: Blackwell Scientific Publications p. 183
- LIE J. E., PEDERSEN T., HUSEBYE E. S. 1990: Observations of seismic reflectors in the lower lithosphere beneath the Skagerrak. *Nature* 346, pp. 165–168

around 8.8 s, somewhat north (left), an older crust-mantle boundary is visible onto which the thrusting took place. The subhorizontal group of reflections starting here and continuing southwards is assumed to be a new or currently being generated boundary. Deeper, a curved group of reflections probably connected with a more plastic substratum is visible. Its southern part — along a plane which dips southwards of 8.8 s — is thrust over the northern complex of similar pattern with a displacement of several phases. The southern part of the curved complex is elevated towards the thrust plane which dips southwards of 8.8 s 99 km. On the basis of this pattern it can be supposed that the crust-mantle boundary zone was only folded and then, after the bearing capacity of the complex was overstepped, shear and thrust occurred.

Thrust planes similar to those which cross the crust-mantle boundary at 84 and 99 km are also visible at 48 and 69 km. The thrusts occurred on the plane which emerges from 68 to 75 km of the Pannonian Geotraverse. In the crust-mantle transition zone a strike-slip zone is visible that displays the most intense dislocation. The traces of the thrust planes in the profile become gentler in the depth and horizontal at about 2 s below the present-day crust-mantle boundary. In the main strike-slip zone up to these depths a decrease of the arrivals is recorded.

It is assumed that along the Pannonian Geotraverse, both the closing in the depths of the strike-slip zone and the subhorizontal sections of the thrust planes indicate an area of increased plasticity within the subcrustal lithosphere below 11-12 s the decreased hardness of which might have promoted displacements on the strike-slip zone.

Conclusions

In the time section of the Pannonian Geotraverse produced by data processing with preservation of the magnitudes a strike-slip zone of about 7 km in width is visible which dives into the upper mantle for about 5-10 km (Encl.). In both directions from the dislocation zone thrusts towards the zone are visible the planes of which dip gently and become subhorizontal at about 5-10 km below the crust-mantle boundary. From both the closing in the depths of the strike-slip zone and the subhorizontal sections of the thrust planes a conclusion can be drawn on an area of increased plasticity at about 5-10 km below the crust-mantle boundary.

- POGÁCSÁS GY., LAKATOS L., BARVITZ A., VAKARCS G., FARKAS Cs. 1989: Pliocén-quarter oldaleltolódások a Nagyalföldön. *Általános Földtani Szemle* **24**, pp. 149–169
- POSGAY K. 1975: Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverteilung in der Erdkruste und im Erdmantel. *Geophysical Transactions* **23**, pp. 13–17
- POSGAY K., ALBU I., BODOKY T., KENGYEL M., KOMJÁTHY J., KORVIN G., KOVÁCS B., NÉMETH G., PETROVICS I. 1979: Seismic methodological and instrumental research. ELGI 1978. évi jelentése pp. 55–66 (in Hungarian), pp. 121–127 (in English)
- POSGAY K., ALBU I., BODOKY T., KORVIN G., PETROVICS I., POLCZ I., RÁ CZ I. 1980: Seismic methodological and instrumental research. ELGI 1979. évi jelentése pp. 45–51 (in Hungarian), pp. 107–110 (in English)
- POSGAY K., ALBU I., BODOKY T., KASZÁS M., KOVÁCS B., RÁNER G. 1981a: Seismic methodological and instrumental research ELGI 1980. évi jelentése pp. 61–72 (in Hungarian), pp. 151–156 (in English)
- POSGAY K., ALBU I., PETROVICS I. and RÁNER G. 1981b: Character of the Earth's crust and upper mantle on the basis of seismic reflection measurements in Hungary. *Earth Evol. Sci., Vieweg, Wiesbaden* **1(3/4)**, pp. 272–279
- POSGAY K., ALBU I., RÁNER G. and VARGA G. 1986: Characteristics of the reflecting layers in the Earth's crust and upper mantle in Hungary. *In: Barazangi M. and Brown L. (eds.), Reflection Seismology: A Global Perspective. Am. Geophys. Union, Geodyn. Ser.* **13**, pp. 55–65
- POSGAY K., HEGEDŰS E. and TÍMÁR Z. 1990a: The identification of mantle reflections below Hungary from deep seismic profiling. *Tectonophysics* **173**, pp. 379–385
- POSGAY K., HEGEDŰS E., TÍMÁR Z. 1990b: Reflection results along the Pannonian Geotraverse. 4th International Symposium on Deep Seismic Reflection Profiling of the Continental Lithosphere, Bayreuth. Abstract: Blackwell Scientific Publications p. 170
- RUMPLER J., HORVÁTH F. 1988: Some representative seismic reflection lines from the Pannonian basin and their structural interpretation. *In: Royden L. and Horváth F. (eds.), The Pannonian basin, a study in basin evolution, AAPG Memoir* **45**, Tulsa, Okl. pp. 153–170
- SZEIDOVITZ GYNÉ, 1991: Jelentés a Tiszagyenda-Fegyvernek környékén 1988–89-ben végzett szeizmikus reflexiós mérésekről. ELGI adattár
- TOMEK Č., DVORÁKOVÁ L., IBRMAJER I., JIŘÍČEK R., KORÁB T. 1987: Crustal profiles of active continental collisional belt: Czechoslovak deep seismic reflection profiling in the West Carpathians. *Geophys. J. of RAS* **89**, **1**, pp. 383–388

1. 1. 2. Reflexiós mérések az Ózd–Putnoki medencében

Petrovics Ilona, *Szalay István*

A Bükk–hegység és előterei komplex földtani előkutatási program keretében az új geofizikai mérések elsősorban a programterület háromnegyedét kitevő medenceterületek átnézetes felderítésére irányultak.

A teljes területet csak a gravitációs mérési hálózat fedi le, átnézetes (4–5 pont/km²) állomástsűrűséggel. Aljzatot ért fúrások csak a sekélymedencékben a medenceperemeken vannak, holott előzetes geofizikai információink szerint a medencék több ezer méter mélységet is elérhetnek és a külszínen nem ismert, vagy nem azonosított, fúrással el nem ért kőzetösszleteket tartalmaznak. Ezek települési

1. 1. 2 Reflection surveys in the Ózd-Putnok basin

Ilona Petrovics, *István Szalay*

Within the scope of the integrated geological exploration program of the Bükk Mountains and its forelands new activities have been directed to the reconnaissance survey of basin areas which cover about three quarters of the project region.

The entire area is covered by a reconnaissance gravity survey of only 4-5 stations/km² observation density. Boreholes are known only in the shallow basins and marginal areas though (in conformity with previous geological information) the basement depth may amount to several thousand metres within unknown and unidentified complexes. Their depositing and physical characteristics — including density — are equally unknown in the exposed areas. A few regional seismic reflection profiles were shot across the Bükk Mountains in order for us to become acquainted with depositing, structural and depth characteristics. Profile orientations have been suggested with the cooperation of MÁFI. The reconnaissance surveys in the Ózd and Bükkalja basins were carried out by the VIBROSEIS method using slalom-line processing in the final reconstruction of time sections. An up to date interpretation of the seismic sections together with the publication of new results can be presented only after reevaluating earlier data and compiling the new mapping results. In lack of deep boreholes penetrating the basal complexes, seismic information is essential since this is the only way to broaden the recognition of deep structural information.

Results of the Ózd-Putnok seismic surveys are given. The regional seismic profiles are transverse to the NE-SW directed and SW dipping Paleogene-Neogene basin (*Fig. 3*). These profiles start from the Slovakian-Hungarian border crossing the Darnó line [see Annual Report 1987, pp. 173-174].

To provide a several km deep penetration, the principal parameters of the field setup have been kept the same since 1988, viz. 120 channels, split gap, 25 m spacing between array bases and 30% coverage. A decreasing medium frequency is used as the vibroseis sweep signal in order to compensate for the selective absorption due to basement subsidence. In 1988 the frequency of the sweep signal was 20-80 Hz.

Seismic profiles are tied to sufficiently deep boreholes or to boreholes at the basin margin penetrating into the basal complexes (Serényfalva-2, Só-1, Susa-1). Time sections are presented in migrated and colour coded form in accordance with the instantaneous amplitude. Colours from red to blue represent the decreasing amplitudes.

The Só-1/88 time section measured along the Sajó Valley (*Fig. 4*) portrays an asymmetric graben inclining towards the Darnó line (faults and thrusts are indicated by numbers). Three major faults can be emphasized: fault No. 1 eastwards from Serényfalva, and faults Nos. 4 and 5 at Putnok. The Serényfalva fault is characterized by an alteration of rock complex in the outcrop area [see geological map of K. BALOGH 1963]. Fault No. 5 is known also on the surface and can be

és fizikai sajátosságait, így sűrűségüket sem ismerjük. A települési, szerkezeti és mélységviszonyok megismerésére néhány regionális reflexiós szeizmikus szelvényt mértünk a MÁFI Északmagyarországi Osztálya (Nagy Géza és Pelikán Pál) által meghatározott fő irányban, a Bükk hegységen át. Az Ózdi és a Bükkaljai medence-területek szeizmikus felderítésére vibrátoros rezgéskeltéssel a terepi lehetőségekhez igazodó görbe vonalú (slalom line) mérés és feldolgozás készült. Az új földtani térképezés és a régi eredmények ártértékelése alatt lévő hegyvidéki területek földtani térképeinek elkészülte után lehet csak szó a szelvényszakaszok mai szemléletű értelmezéséről és az eredmények publikálásáról. A medenceterületeken mélyfúrások hiányában a geofizikai, így szeizmikus információk képezik a mélységi földtani megismerés új lehetőségeit.

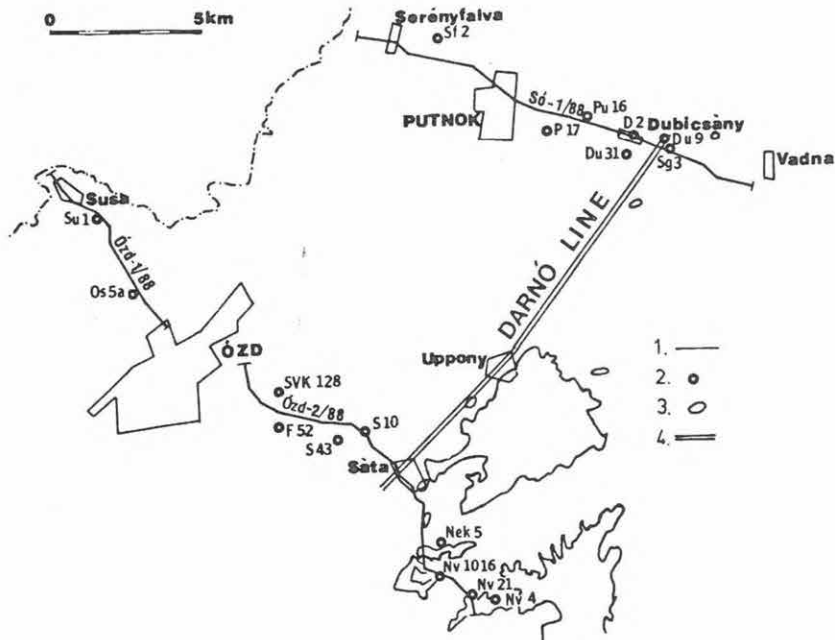
Ezévi jelentésünkben az Ózd-Putnoki medence reflexiós mérési eredményeit ismertetjük. A regionális vonalak a Suha-völgyi Suha-I szelvénytől DNY-ra [ELGI 1987. Évi Jelentése, 39–41. oldal] 10–12 kilométerenként követik egymást a Cseh és Szlovák köztársaság határától a Darnó-vonalon át harántolva az ÉK-DNy tengelyirányú, DNy felé mélyülő paleogén-neogén medencét (3. ábra).

A néhány kilométeres behatolás elérése érdekében valamennyi 1988-tól mért vonal észlelési rendszerének fő paraméterei megegyeznek: 120 csatorna, középkihangyás, 25 m geofonbázisköz és 30-szoros fedés. A vibrojel frekvenciasávja a medence mélyülésével járó fokozott szelektív energiaelnyelődés ellensúlyozására csökkenő középfrekvenciájú, az 1988. évi szelvényeken 20–80 Hz.

A három vonalat egy-egy mélyebb, vagy alaphegységet elért peremi mélyfúrás-hoz kötöttük be, így a Serényfalva-2-höz a Sajó völgyében végződő Só-1/88-at, és a Susa-1 fúrás-hoz az Ózdnál megszakított Ózd-1/88 és az Ózd-2/88 néven folytatódó vonalat. Az időszelvényeket egyesített migrált, pillanatnyi amplitúdó szerint színezett ábraként közöljük. A színek a pirostól a kékig csökkenő amplitúdót jeleznek.

A Sajó folyó völgyében mért Só-1/88 időszelvény (4. ábra) a Darnó-vonal felé dőlő aszimmetrikus árkot mutat lépcsős vetőrendszerrel (a vetőket, feltolódásokat számoztuk). Ezek közül három nagyobb vető emelhető ki. Az 1. jelű Serényfalvától keletre, a 4. és 5. jelű Putnoknál található. A serényfalvi vető a külszínen képződ-ményváltással jelentkezik [BALOGH K. 1963: A Bükk hegység és környékének földtani térképe]. A Putnok keleti szélén lévő 5. számú, külszínen is ismert vető a királdi fővetővel azonosítható, amely alsómiocén eggenburgi képződmények K-i leszakadásának a szegélye. Dubicsány környékén bontakozik ki a Darnó tektonikai rendszer, amelynek alsó, medencebéli eleme egy (valószínűleg gravitációs csúszással létrejött) alaphegységi rátolódás (6. számmal jelölve).

A medencealjzatot nagy amplitúdójú reflexiók (lila-piros szín) jellemzik. A szelvény legszembetűnőbb jelensége az alaphegységi és az oligocén-alsómiocén képződmények DK-i irányú kiemelkedése, reflexióik szakadásai és dőlésük drasztikus változásai. Ezek együtt jellemzik a Darnó tektonikai zónát. A klasszikus felfogásnak megfelelő Darnó-vonal a paleozoós és mezozoós képződményeket elválasztó, eltérő dőlésű alaphegységi tömbök összefogozódásának választóvonalaként lehet (10. jel). A neogén üledékekből kiemelkedő Dubicsány-Vadna közötti karbon és triász képződmények kibúvása jelzi e vonal két oldalát. Folytatása ÉK felé a Rudabányai- és a Szendrői-hegység között húzódik, DNy felé pedig a Upponyi



3. ábra. Az Ózd-Putnoki medencében végzett reflexiós mérések helyszínrajza
 1—reflexiós vonal; 2—mélyfúrás; 3—alapjegység kibúvás; 4—nagyserkezeti vonal

Fig. 3. Location map of seismic reflection profiles in the Ózd-Putnok basin
 1—reflection profile; 2—borehole; 3—basement outcrop; 4—structural line

рис. 3. Схема сейсмических измерений МОВ, выполненных в бассейне
 Озд-Путнок

1—профили; 2—скважины; 3—выходы на поверхность пород фундамента; 4—структурные линии

identified with the Királd main fault. It indicates the hanging wall block at the margin of the Lower Miocene Eggenburgian formations in the exposed area. In the environment of Dubicsány the Darnó tectonic system becomes distinct. A component of this structure (No. 6) appears as a thrust in the basement (probably generated by gravitational sliding).

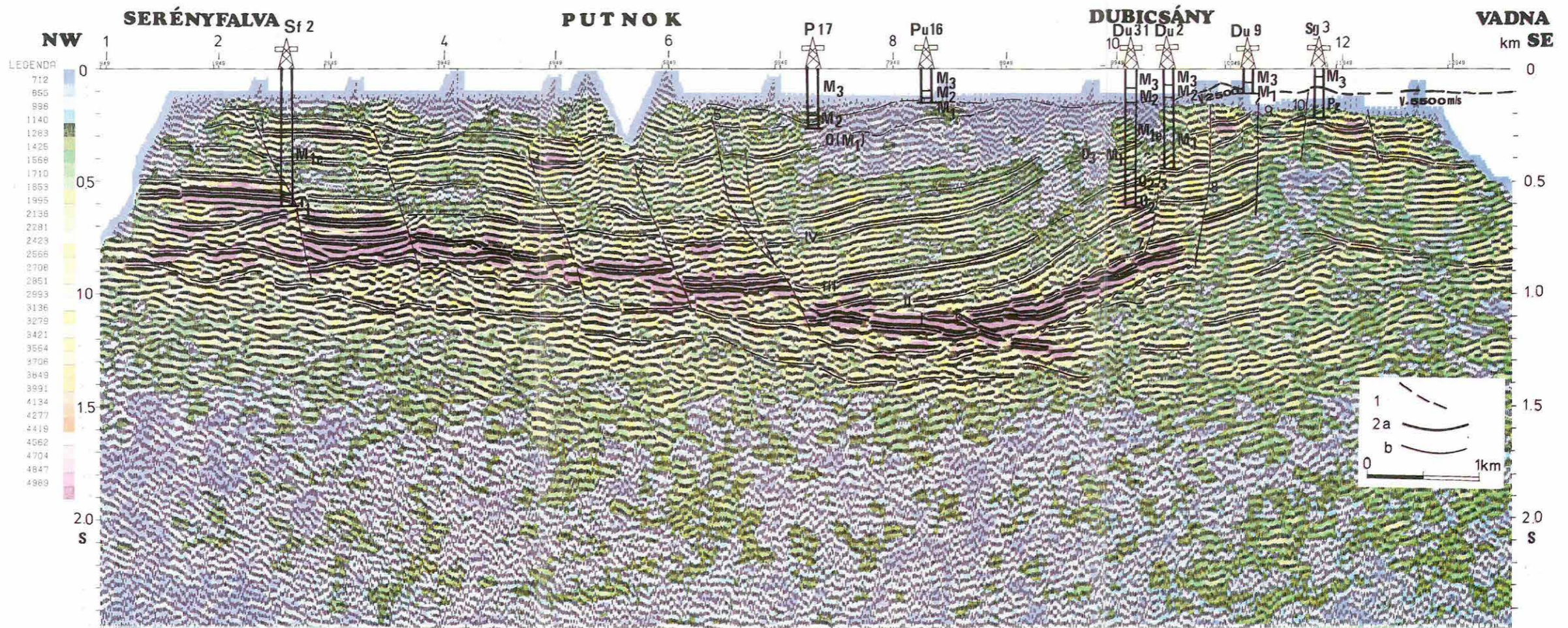
The basement is characterized by high energy amplitude reflections (indicated in violet-red colour). The most striking features are represented in the section by the uplift of basal and Oligocene-Lower Miocene formations in the SE direction and by breaks in reflection continuity with drastic dip changes. The Darnó tectonic zone is characterized by an ensemble of these features. In accordance with the classic determination the Darnó line is a divider between Paleozoic and Mesozoic formations having different dip characteristics (No. 10). An outcrop of Carboniferous and Triassic formations between Dubicsány-Vadna indicates two sides of this structural line. Its continuation runs between the Rudabánya-

hegység Ny-i oldalán a triász–paleozoós képződmények választóvonalán. Fedett területen azonban az eróziósan eléggé összekoptatott triász–paleozoós oldalt nehezebb megkülönböztetni, mint a hatalmas aljzatlépcsőjű 9. számú nagyszerkezeti változást, ami a Rudabányai és az Upponyi hegység Ny-i medenceperemét összekötő tektonikai vonallal azonosítható. Sokan ezt a vonalat tekintik a Bükkszéknél és Darnó-hegynél felismert Darnó nagyszerkezeti vonal folytatásának. Ez a medenceperemi vonal geofizikai módszerekkel kimutatható a nagy aljzatrelief-változással járó súrúség, sebesség, ellenállás változások következtében.

A medence mélypontjáig azonban a medencealjzat még egy további nagyobb, a 8-as, és egy sorozat kisebb lépcsővel süllyed le a 6.–7. jelű vetők között, feltételezésünk szerint egy hullámvonallal jelölt lejtőn megcsúszva és egymásra torlódva. Ennek következtében az üledékgyűjtő szelvénybeli mélypontja (depo centrum) valószínűleg Ny felé tolódott el és legmélyebb része a 9100 m szelvénytáv körül lehet rátolódással fedve, mintegy 1900–2000 m mélységben, fedetlen része 8600 m-nél 1700–1800 m mélységben.

A medencekitöltő paleogén–neogén üledékes rétegsor földtani értelmezéséhez a Mélyfúrás Alapadatok kézikönyvében és a MÁFI Adattárban szereplő rövidített fúrású rétegsorokat és a szelvényből kiolvasható szeizmosztratigráfiai jelleget használtuk fel. A dubicsányi (Du-31), Radócz Gyula által részletesen értelmezett fúrás rétegsorára támaszkodtunk a másutt el nem különített alsó miocén (eggenburgi, burdigál), vagy régebben a Putnoktól Ny-ra a felszínen is oligocénnek tartott [BALOGH K. 1963] alsó miocén–paleogén rétegsor bontásában. A Só-1/88 időszelvény Du-31 fúrás és a királdi (5. számú) fővető közti szakaszán szeizmosztratigráfiai értelmezésünk szerint egy DK felől feltöltődő üledékes medence képe bontakozik ki. A progradáló delta a Darnó-vonal mentén kiemelt aljzat felől Putnok felé nyomult előre. Először a Darnó-vonal előtéri árkot töltötte ki, valószínűleg a partvonal mozgások közti időszakban, nagy beszállítási energiával, vastag, feltehetően durva frakciójú üledékekkel indulva. A királdi fővetőig (5. sz.) egyértelmű a feltöltődés süllyedő medence jellege. A fővető alján az ellentétes dőlésszögű aljzatra ráekelődő ellapolódó (down lap) reflexió (II.) a Du-31 fúrás felé korrelálva középső oligocén képződményt képviselhet, alatta az aljzat mélyedését kitöltő 8300 m körül kiékelődő erős reflexió (I.) idősebb paleogén, akár eocén képződmény is lehet. A medencében viszonylag nagy amplitúdóval jelentkező markáns III. reflexió középső–felső oligocén, a IV. valószínűleg alsó miocén–oligocén határfelületet képviselhet. Felette a középső miocén (M2) és alsó miocén (M1) képződmények eróziós határa túl kis mélységben van, de a Putnok–Dubicsány környéki, főleg szénkutató fúrásokból jól ismert.

Putnok–Serényfalva felé a vetők, oldalvetők nehezítik a korrelációt, emellett a görbe vonalú észlelés és a Putnok környéki zajok is zavarólag hatnak. Feltehetően a III. reflexió kronosztratigráfiai felület a 4. vető tövével, a IV. reflexió legkésőbb a serényfalvi 1. vetőnél kiékelődik, ha elfogadjuk a 800 m-ről bevetített Sf-2 fúrás eggenburgi rétegsor meghatározást. Az üledékes rétegsor változékony felépítése a bejelölt vetők, szerkezeti vonalak menti oldaleltolódásokkal is összefügghet. Putnoknál buckásodás és a felső rétegsorokon a dőlés, tehát az üledékszállítás irányának



4. ábra. Só-1/88 egyesített migrált pillanatnyi amplitúdó időszelvény

1—szeizmikus zavarzóna (vető, feltolódás, dinamikus paraméterek korrelálható változásai);
2—szeizmikus határfelület: a—alaphegység felszín, b—egyéb határfelület;

Fig. 4. Só-1/88 time section (migration and instantaneous amplitude)

1—seismic noisy zone (fault, thrust, correlatable changes of dynamic parameters); 2—seismic boundary: a—surface of the basement, b—other boundary

рис. 4. Объединенный мигрированный временной разрез с мгновенными амплитудами Só-1/88

1— зона сейсмических помех (разломы, надвиги, коррелируемые изменения динамических параметров); 2— сейсмические границы, а— поверхность фундамента, б— прочие поверхности

Szendrő mountains while the SW extension can be found on the western side of Uppony Mountains along the dividing line of Triassic and Paleozoic formations. In covered areas, however, the significantly eroded Triassic–Paleozoic side cannot be as easily identified as the enormous basement step belonging to the first order structural change (No. 9), which can be identified as a tectonic line linking the western margin of the Rudabánya–Uppony mountain. This line is considered by numerous authors as the continuation of the Darnó line recognized at the Bükkszék and Darnó Hill. This structural line can be observed by means of geophysical methods as a consequence of density, velocity and resistivity changes in the basement.

Proceeding towards the deepest point of the basin a series of major (No. 8) and minor steps occur between faults marked by Nos. 6 and 7. It can be supposed that the depo centre was shifted (westwards to the 9000 profile point) covered by a thrust at a depth of approximately 1900–2000 m, while its exposed part is on the 8600 profile point at a depth of 1700–1800 m.

The Paleogene–Neogene basin filling sedimentation has been interpreted using the borehole stratigraphy manual edited by MÁFI, and seismostratigraphic features of sections have also been used. We accepted the detailed stratigraphic interpretation of Gy. Radócz of Dubicsány (Du-31) well for a better detail of Lower Miocene (Eggenburgian, Burdigalian) deposits formerly described as Oligocene westward from Putnok [K. BALOGH 1963]. Between the Du-31 well and the main structural line (No. 5) of Királd seismostratigraphic studies were led along the Só-1/88 seismic time section where basin filling occurred from the SE direction. Prograding delta movement can be observed along the Darnó line starting from the basin uplift towards the direction of Putnok. First the foregraben of the Darnó line was filled up with high energy transported coarse fractional sediments. The filling seems to show unambiguously a subsidence type basin character as far as the main fault (No. 5) at Királd. Downlap type reflections over an angular conformity of basal rocks (II) are assumed to represent Middle Oligocene formations correlating from the Du-31 well. The lower reflections may represent Paleogene or Eocene formations (I) around the 8300 profile point. The significantly high amplitude reflections (III) probably represent Middle or Upper Oligocene formations, while reflections marked by (IV) originate from Lower Miocene layers. Middle Miocene (M2) and Lower Miocene (M1) erosional boundaries can be encountered at shallow depths but they are well known from the Putnok–Dubicsány coal exploration boreholes.

In the direction of Putnok and Serényfalva faults and lateral faults make the correlation difficult, and the noise influences in the Putnok area cause unfavourable effects on the slalom-line observation. Accepting Eggenburgian age as stratigraphic correlation by the Sf-2 well perpendicularly apart from the seismic line it can be supposed that the chronostratigraphic surface of the reflections marked by (III) are wedging out at the fault foot marked No. 4 and reflections (IV) are wedging out not later than at fault No. 1. The diversified structural features of this sedimentary complex can be related to strike-slip movements, too. In the Putnok area the direction change of sediment transport can be observed

megfordulása is megfigyelhető. Fentiek alapján a feltöltődés során a behordott üledékanyag szemcsenagysága horizontálisan is változó lehet.

A Serényfalvánál mintegy 800 m-ig kiemelt triász alaphegység a szlovák-magyar határ mentén a DNy irányú süllyedő tendencia ellenére még viszonylag kis mélységben (1050–1200 m) van a Susa-1 (Su-1) mélyfúrás és az Ózd-1/88 reflexiós vonal tanúsága szerint (3. ábra). Az Ózd-1/88 szelvényen (5. ábra) viszonylag jól tanulmányozható a sima aljzatfelszín alatt a medencealjzat belsejének a felépítése is.

Susánál egy kisebb (1. jelű), Uraj és Ózd között egy nagyobb (2. jelű) elvetési magasságú, DK-i dőlésű, a fedőüledékekben is követhető fiatalabb vető ismerhető fel. Utóbbi a serényfalvi vetőnek felel meg, e mentén az üledéksorban Y alakú vető alakult ki, a horizontális mozgás feltételezhető.

Az aljzat felszíne alatt ellentétes dőlésű szerkezeti vonalak a jellemzőek. Közülük a Susa-1 fúrástól ÉNy-ra lévő 3. kifejezetten feltolódás, akár átbuktatott redők tengelye is lehet. A 4. és 5. jelűek aljzatbeli elmozdulási vonalak.

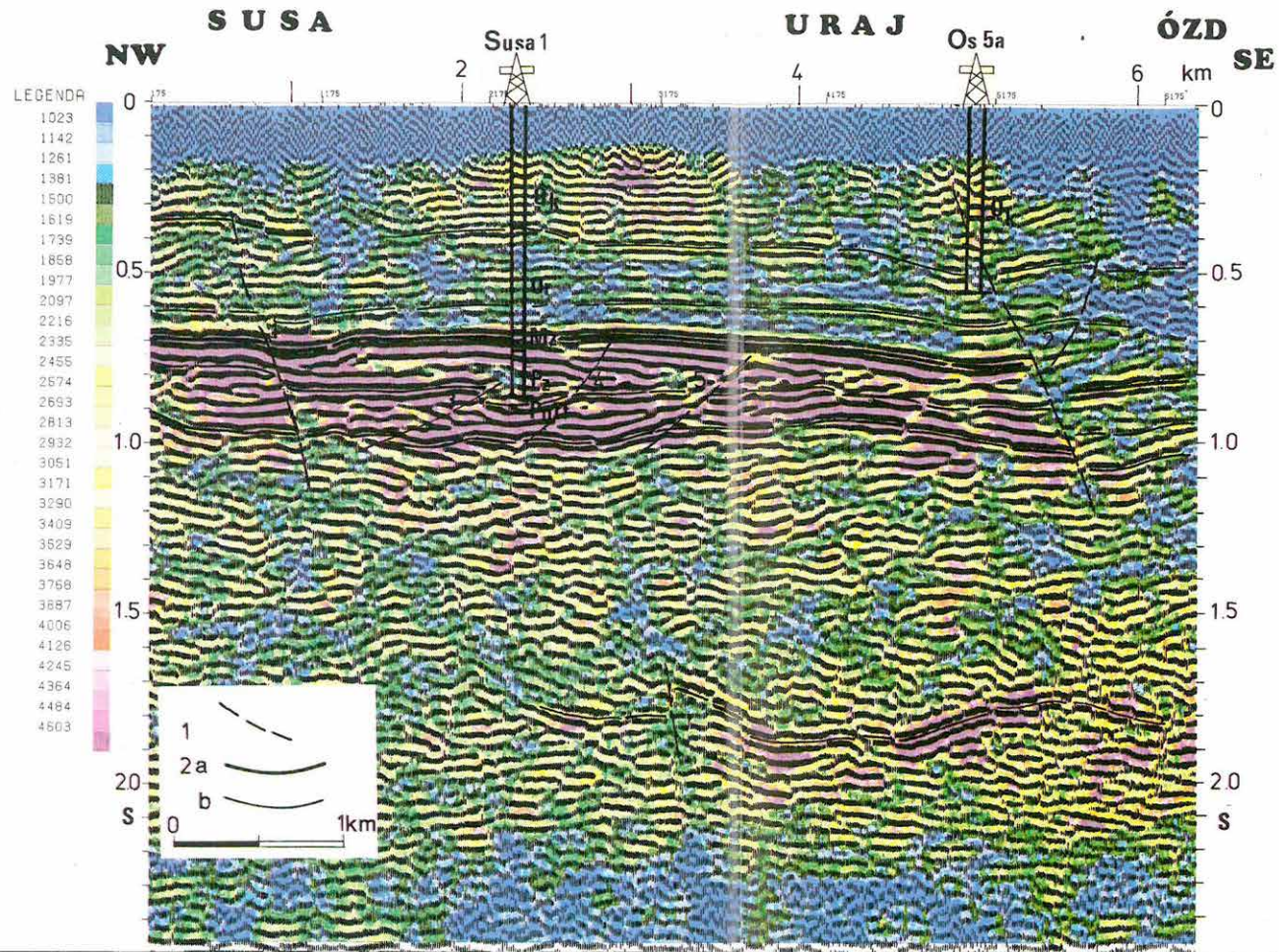
A Susa-1 fúrás oligocén, kattinak leírt fedőrétegsorának homokkőves képződménye erősebb és több reflexiót produkál, mint a pelites rupéli rétegsor. A katti-rupéli határ eróziósnak tűnik, az alsó rupéli reflexió követni látszik a medencealjzat dőlését, DK felé vastagodva.

A fúrásleírás szerint 1056 m-től viszonylag vékony triász homokkő alatt paleozoós agyagpala, majd változatos üledékes és vulkáni kevert rétegsor van, 1532 m-től metamorfizált porfirittel. Az időszelvényen úgy látszik, hogy ÉNy felé az aljzatfelszínen kiemelkedő képződmények vannak. A paleozoós agyagpala és metamorf porfirít közt a rétegsor reflexiószegény, vagy kaotikus. Felvetésünk szerint az uralkodóan lila-piros színnel jelzett, Susa-1-nél kivastagodó, erős reflexiókkal jellemzett összlet kevésbé metamorfizált, mezozoós-újpaleozoós összletet képvisel. Urajnál előbbi összlet alatt domború felső, 1,8 s körül homorú alsó határfelület között egy lencseszerű test van. Ebben (mágneseSEN jellegetlen) savanyú intrúzióknak is szerepe lehet.

Az Ózd-1/88 vonal folytatása Ózd kihagyásával az Ózd-2/88 vonal. A kanyargós vonalú, erősen tektonizált területen mért szelvény szeizmosztratigráfiai értelmezésre nem alkalmas, de az előbbi két szelvényhez viszonyított helyzet megítélésére felhasználhatjuk.

Az Ózd-2/88 szelvényen (6. ábra) a paleogén medence aljzata mintegy 0,4 s-al, azaz mintegy 700 m-el mélyebben kezdődik, nint az Ózd-1/88 vége, tehát Ózd város alatt DK-i irányú elvetési vetőrendszer van. A medence mélypontja 5000 m szelvényszám körül 1,45 s-ban, kb 2400 m-ben van. Az aljzat felett 3300 m-nél az alsó paleogén határfelületek egy vető tövében ÉNy felé kiemelkedni látszanak. A szelvényen két, kis felszínközeli miocén medence figyelhető meg 1300 és 2300 m között Sajóvárkony (Svk-128), Farkaslyuk (F-52), illetve SÁta (S-43) és (S-10) miocén szénkutató fúrásoknál. A Darnó-vonal (D₁, D₂) Sátánál felismerhető, de szerkezete az Upponyi hegységi peremi kanyargások miatt nem tipikus.

Az Upponyi és Bükk hegységi szelvényszakasz a hegységek és köztes medencék mélyszerkezetére ad sematikus képet. Részletesen a hegységek térképezési eredményeinek lezárása után tárgyaljuk.



5. ábra. Ózd-1/88 egyesített migrált pillanatnyi amplitúdó időszelvény

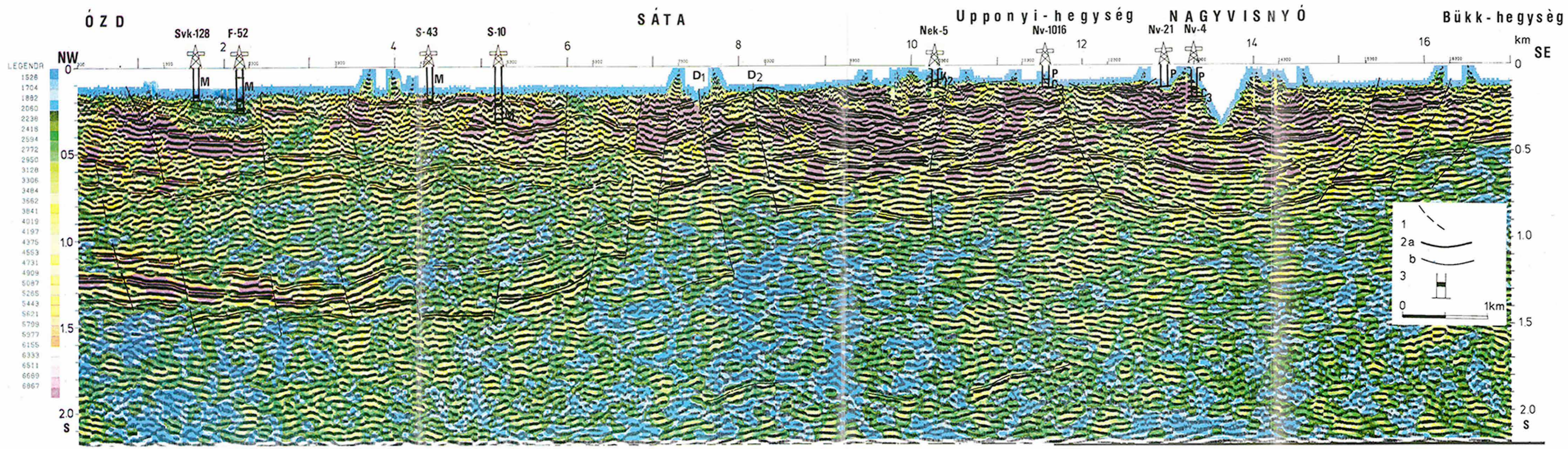
1—szeizmikus zavarzóna (vető, feltolódás, dinamikus paraméterek korrelálható változásai);
2—szeizmikus határfelület: a—alaphegység felszín, b—egyéb határfelület;

Fig. 5. Ózd-1/88 time section (migration and instantaneous amplitude)

1—seismic noisy zone (fault, thrust, correlatable changes of dynamic parameters); 2—seismic boundary: a—surface of the basement, b—other boundary

рис. 5. Объединенный мигрированный временной разрез с мгновенными амплитудами Ózd-1/88

1— зона сейсмических помех (разломы, надвиги, коррелируемые изменения динамических параметров); 2— сейсмические границы, а— поверхность фундамента, б— прочие поверхности



6. ábra. Ózd-2/88 egyesített migrált pillanatnyi amplitúdó időszelvény

1—szeizmikus zavarzóna (vető, feltolódás, dinamikus paraméterek korrelálható változásai);
2—szeizmikus határfelület: a—alaphegység felszín, b—egyéb határfelület; 3—barnakőszéntelep
a fúrásoszlopon

Fig. 6. Ózd-2/88 time section (migration and instantaneous amplitude)

1—seismic noisy zone (fault, thrust, correlatable changes of dynamic parameters); 2—seismic
boundary: a—surface of the basement, b—other boundary; 3—brown coal deposit in the strati-
graphic column

рис. 6. Объединенный мигрированный временной разрез с мгновен-
ными амплитудами Ózd-2/88

1— зона сейсмических помех (разломы, надвиги, коррелируемые изменения динами-
ческих параметров); 2— сейсмические границы, а— поверхность фундамента, б— про-
чие поверхности; 3— бурые угли в колонке

(hummocky configurations and dip changes in the upper layers). On the basis of these phenomena the grain size of transported materials is horizontally variable during the basin fill.

As is known from Susa-1 (Su-1) well interpretation and the Ózd-1/88 reflection profile (Fig. 3) the Triassic basement uplift of 800 m, in spite of the subsiding tendency along the Slovakian border, can be found at a relatively shallow depth (1050-1200 m). On the Ózd-1/88 reflection profile (Fig. 5) the interior structural features of the basement complex can be analysed relatively well below the smooth basal surface.

A fault with minor throw at Susa (No.1) and another with a major throw between Uraj and Ózd (No. 2) with SE dipping can be recognized even in the sedimentary layers. This latter corresponds to the Serényfalva fault where a 'Y' shaped fault can be seen in the sedimentary sequence. Here horizontal movements can be supposed.

Below the basal surface structural lines with opposite angular features are characteristic, where NW from Susa-1 well the structure (No. 3) is an overthrust. Structures Nos. 4 and 5 are dislocation lines in the basement.

Sandstone formations described in Susa-1 well are qualified as Oligocene Chattian and can be characterized by strong and abundant reflections compared to the pelite type Rupelian formation. The Chattian-Rupelian boundary seems to be erosional. The Lower Rupelian reflections apparently follow the dipping of basal rocks with a tendency to thicken towards the SE.

In accordance with described data at 1056 m depth a relatively thin Triassic sandstone layer is underlain by Paleozoic shale and sedimentary-vulcanic complex and, from 1532 m, metamorphic porphyrites are encountered. It can be observed on the time section that the basement is overlain by wedge shaped formations. Between the Paleozoic shale and metamorphosed porphyrite the formation is poor in reflections, or it is chaotic. The predominantly violet-red coloured reflections are believed to be less metamorphosed. At 1.8 s TWT a lens shaped body is encountered at Uraj which can be related to low-susceptibility acidic intrusion.

A continuation of the Ózd-1/88 profile is the profile Ózd-2/88. This slalom-line system profile is not usable for stratigraphic interpretation but can give some relative information.

In the Ózd-2/88 profile (Fig. 6) the Paleogene base was found at 0.4 s TWT which means a depth value 700 m deeper than determined at the end of the Ózd-1/88 section. As a consequence, beneath the town of Ózd a SE directed fault system must be present. The deepest point of the basin is considered to be at the 5000 m profile point at a depth of 2400 m. At the 3300 m point of the profile the Paleogene boundary seems to wedge out in the NW direction. Moreover the profile displays two small, shallow basins of Miocene age between 1300-2300 profile points at boreholes SvK-128, F-52, S-43 and S-10. The Darnó line (D₁, D₂) is recognizable at SÁta but its structural feature does not seem typical because of the marginal turns and curvatures in the Uppony Mountain.

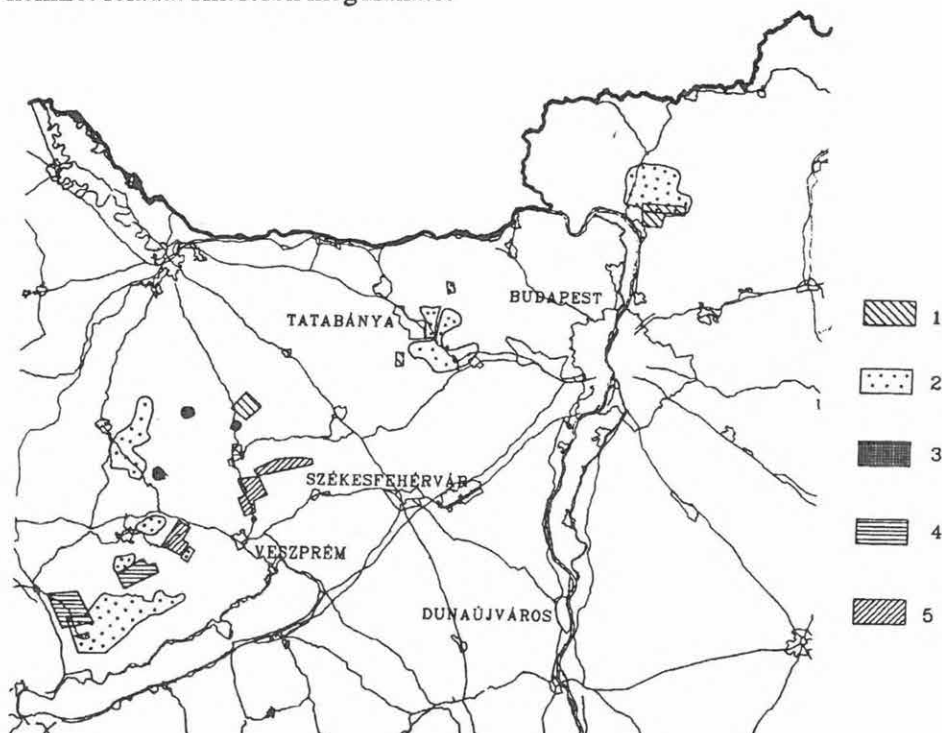
The Uppony-Bükk profile section gives a schematic picture of the structural features which will be studied later after the closing of geological mapping.

1. 2 KÖSZÉN-ELŐKUTATÁS

1. 2. 1 Áttekintés

Rezessy Géza, Antalné Bodrogi Marilla, Braun László, Szilágyi Imre

A Központi Földtani Hivatal megbízása alapján, a MÁFI-val együttműködve (témafelelős: Bernhardt Barna) ez évben a Dunántúli-középhegység négy területén végeztünk felszíni geofizikai vizsgálatokat (7. ábra). A középhegység 25 éves rendszeres geofizikai kutatása során adaptáltuk azokat a módszereket és kifejlesztettük azokat a módszeregyütteseket, amelyekből választva egy-egy konkrét feladat sikeresen megoldható.



1. 2. 1 Review

Géza Rezessy, Marilla Antal-Bodrogi, László Braun, Imre Szilágyi

On behalf of the Central Geological Office and in cooperation with the Hungarian Geological Institute (MÁFI; project geologist: B. Bernhardt), a geological and geophysical survey was carried out in four areas of the Transdanubian Central Range (Fig. 7). Over a 25-year period of systematic geophysical investigation of the Central Range, a number of methods have been adapted and combinations of methods have been developed that enable concrete tasks to be solved successfully.

7. ábra. Szén és bauxitkutató mérések a Dunántúli-középhegységben (1990)

1—szénkutató mérések; 2—bauxit előkutatás; 3—részletező mérések; 4—légi geofizikai mérések értelmezése és földi ellenőrzése; 5—légi geofizikai mérések

Fig. 7. Coal and bauxit prospecting in the Transdanubian Central Range

1—coal prospecting; 2—reconnaissance and; 3—detailed surveys for bauxite; 4—ground follow-up and interpretation of aerogeophysical data; 5—airborne geophysical survey

рис. 7. Поиски угля и бокситов в Задунайском среднегорье
1—поиски угля; 2—предварительные поиски бокситов; 3—детальные измерения; 4—интерпретация и наземная проверка данных аэрогеофизических изысканий; 5—аэрогеофизические изыскания

A Tatabányai Bányák Vállalat 1986 óta fúrásokkal kutatja a *vértessomlói külfejtésű bánya környékét*. A bánya tágabb környezete az oligocén korú szén mellett eocén kőszénre is reményteljes. A KFH 1986 júliusi határozatában döntött a medence egészére kiterjedő előkutatásról. A kutatás során a terven módosítani kellett. A külfejtéstől keletre és délre, a triász kibúvásokig húzódó medencerész meddőnek bizonyult, ezzel szemben a bányától délnyugati irányban mélyült Várgesztes–11 fúrás 46,6 métertől 3,6 méter vastag oligocén korú szenet harántolt. Ez az eredmény indokolta azt, hogy a kutatást 1990-ben kiterjesztettük az Oroszlányi Szénbányák Vállalat (OSzV) érdekeltségi területére is.

A geoelektromos mérésekkel lefedett terület nagy része kedvezően kutatható potenciáltérképezésből (PM) és vertikális elektromos szondázásból (VESz) álló módszeregyüttessel. Bár a kőszéntelepessé összlet közvetlen kimutatására ezekkel a módszerekkel nem vállalkozhattunk, a kutatófúrások telepítéséhez megfelelőnek bizonyult a kétirányú PM mérésekből meghatározott szerkezeti vázlat, azaz a nagyellenállású aljzatnak a vezetőképességéből számolt mélységtérképe. Ehhez a terület északi sávjában fel kellett ismerni a márgás kifejlődésű kréta összlet elterjedési zónáját. A geofizikai kutatás és a lemélyült négy fúrás eredményeképpen az OSzV produktív területe jelentősen bővült.

A Veszprémi Szénbányák Vállalat kezdeményezésére 1990-ben megkezdtük a *Nagyesztergár környéki kutatásokat*. A dudari külfejtéstől nyugatra a kiemelt helyzetű dachsteini mészkőre vagy tési agyagmárgára települve az eocén széntelepessé összlet felszíni művelésre alkalmas helyzetbe kerülhetett. A megkezdett kutatást terveink szerint 1991-ben fejezzük be.

A 100 méternél kisebb mélységtartománynak megfelelően ezen a területen is PM és VESz mérésekből álló módszeregyüttest alkalmaztunk. Tekintettel az eocén képződmények jelentős vastagságára, az egyenáramú módszereket tranzien szondázásokból álló szelvényekkel egészítettük ki. A kréta agyagmárga a terület DDK-i sávjában húzódik. Ennek a sávnak északi határa a PM mérésekből jól meghatározható. A geoelektromos mérések alapján a geológus témafelelőssel közösen hét tervpontot jelöltünk ki, amelyekből 1990-ben négy fúrás valósult meg, ezek 50%-a produktív.

A *Duna-balparti rögök területén* 1989-ig geofizikai kutatás — az országos gravitációs és mágneses alaphálózat mérésein kívül — nem történt, annak ellenére, hogy a felső triász rögcsoport környezetében több ipari nyersanyag is található. E terület bányászati lehetőségeit mutatják a vízbetörés miatt felhagyott kódsi kőszénbánya, a nézsa-csővári bauxitkibúvások és a Romhány környéki oligocén tűzállóanyag előfordulások. A nagyszerkezeti viszonyok felderítésére, a harmadidőszaki medencealjzat domborzatának meghatározására 1989–90-ben a Kósd-Penc–Keszeg–Nézsa községek által határolt területen 200-szor 200 méteres szabályos hálózatban gravitációs méréseket végeztünk. A perspektivikus területrészek kiválasztását szolgáló gravitációs mérések folytatását tervezzük 1991-ben Felsőpetény–Legénd felé.

Az északkeleti-bakonyi eocén kőszén előkutatási programja keretében az eredményesen lezárt csetény-szapári kutatást követően 1988-ban megkezdtük a *bakonyiszentkirályi medence* kutatását Bakonyoszlop és Csatka között. A medence

The Tatabánya Mines have been carrying out a drilling project around the *Vértessomló open-cast mine* since 1986. The surroundings of the mine are promising for Eocene as well as Oligocene coal. In July 1986 the Central Geological Office decided to carry out a reconnaissance survey in the whole coal basin. During the research, the plan had to be revised. That part of the basin east and south of the mine as far as the Triassic outcrops turned out to be barren. On the other hand the Várgesztes-11 drillinghole south-west of the mine hit an Oligocene coal seam at a depth of 46.6 m, its thickness was 3.6 m. This result gave a reason for expanding the investigation to the area of interest of the Oroszlány Coal Mines in 1990.

The larger part of the area covered by geoelectric survey can favourably be investigated by potential mapping (PM) and vertical electrical soundings (VES). Although the coal-bearing complex itself could not be directly indicated by these methods, the structural sketch obtained from invariant potential mapping and the depth map of the resistive basement calculated from the conductivity seemed to be sufficient to locate the exploratory drillings. This necessitated recognizing the transgression zone of the Cretaceous marl complex in the northern strip of the area. As a result of the geophysical survey and the four drillings the prospective area of the Oroszlány Coal Mines has considerably increased.

On the initiative of the Veszprém Coal Mines, in 1990 a survey was started in the *surroundings of Nagyesztergár*. To the west from the Dudar open-cast mine the Eocene coal-bearing complex may become suitable for open-cast mining, resting on the Tés clayey marl or the uplifted Dachstein limestone. The survey is planned to be finished in 1991.

In accordance with the depth range less than 100 m, here potential mapping and VES methods were applied too. With regard to the considerable thickness of the Eocene formations the DC methods were complemented by transient soundings. The Cretaceous clayey marl occurs in the SSE strip of the area. The northern boundary of this strip can satisfactorily be determined by PM. On the basis of the geoelectric mapping using the analysis of cooperating geologists seven drilling points were staked out. Four of these points were drilled in 1990, two of them proved to be productive.

Up till 1989 there was no geophysical survey on the *Triassic blocks on the left side of the Danube* except the national gravity and magnetic network, although around these Upper Triassic outcrops there are clear mineral prospects. The Kósd coal mine abandoned because of water inflow, the bauxite outcrops at Nézsa and Csővár, and the occurrences of Oligocene fire-proof clay show the mining possibilities. To clarify the regional structure and to map the depth of the Pre-tertiary basement, gravity survey in a grid of 200 x 200 m were carried out in 1989-90 around the villages Kósd, Penc, Keszeg and Nézsa. The gravity survey for selecting the promising areas are planned to be continued towards Felsőpetény and Legénd in 1991.

Within the framework of reconnaissance survey for Eocene coals in the NE of Bakony mountains the survey in the Csetény-Szápár area has been successfully completed. After this the survey of the *Bakonyszentkirály basin* was started

DNy-i és DK-i peremén számos, bauxitkutatási célból mélyített fúrás harántolt eocén kőszenes összletet. E fúrások alapján a kőszén többszáz méteres mélységben várható, a kutatás feladatai között ezért a karsztvízveszély meghatározása kiemelt jelentőségű.

A harmadidőszaki medencealjzat várható mélysége szerint 100 és 200 méter között változó állomástávolsággal gravitációs méréseket végeztünk. A gravitációs eredmények alapján — a topográfia tagoltsága szerint korlátozva — szeizmikus reflexiós mérési vonalakat telepítettünk. Az eddig lemélyült fúrások mindkét geofizikai módszer eredményével jó egyezést mutatnak.

A vizsgált területen a kőszenes összlet elterjedése jelentős, települési mélysége +50 és -250 méter tengerszinthez viszonyított mélységben található. Számításba vehető vízzáró feküősszletet nem találtunk. Ezért a terepi geofizikai munkákat az 1990-es mérésekkel befejeztük.

1. 2. 2 Szénteleges összlet azonosítása szeizmikus és mélyfúrásgeofizikai adatok alapján a várpalotai területen

Pápa Antal, Rákóczy István, Takács Ernő

A Veszprémi Szénbányák Vállalat megbízásából 1989-ben szeizmikus reflexiós méréseket végeztünk a várpalotai S-III bányüzemhez kapcsolódó területen. Itt korábban számos fúrás mélyült, amelyek 5-10 m vastag, műrevaló szénteleges összletet harántoltak. A szénteleges összlet közvetlenül a helvét-torton határ fölött helyezkedik el. Mélysége a fúrási adatok szerint Ny-ról K felé haladva monoton növekszik. Kivételt jelent az I-90 jelű fúrás, ahol a szénteleges összlet talpa 20-25 m-rel kisebb mélységű a környező fúrásokéhoz képest. Fontos kérdés, hogy ez a szintkülönbség egy kis méretű helyi kiemelkedést, vagy a bányaművelés szempontjából figyelembeveendő nagyobb kiterjedésű blokkot jelent-e?

A szénteleges összlet anyaga laza, fás, homokos lignit, és alatta van egy, az egész területen követhető jól reflektáló felület, feltételezésünk szerint a helvét-torton határ közelében. Ezt a szintet a fúrások tanúsága alapján pontosan követi a szénteleges összlet, így közvetett úton kielégítően megoldható volt a szénteleg kutatása. Szeizmikus szelvényeinken ezt a szintet jelöltük vezérszintként, és számos kisebb-nagyobb szerkezeti elemet határoztunk meg a szénteleg környezetében.

A helvét-torton vezérszint kijelölésénél problémát okozott az, hogy a fúrások rétegsorainak átszámításához nem álltak rendelkezésünkre kellőképpen pontos sebesség adatok. A szeizmokarotázs adatok alapján átszámítva a szénteleges összlet mélységét szeizmikus futási időre, nehéz eldönteni azt, hogy a telep környezetében melyik fázist kell a szénteleg fekéjeként jelölni.

Szeizmikus méréseinkkel egy időben mélyült az I-149 jelű fúrás, amelyben szónikus és sűrűség szelvényezés is történt. A fúrás helyén a szénteleges összlet

between Bakonyoszlop and Csátka 1988. At the SW and SE edges of the basin many bauxite drillings crossed Eocene coal-bearing sequences. On the basis of these drillings the coal seams are expected at a depth of several hundred metres, so the determination of carstic water inflow risk is one of the most important tasks of the research.

Gravity measurements were carried out through 100 m to 200 m steps depending on the probable depth of the Tertiary basement. On the basis of the gravity results reflection seismic profiles were located, limited by the topographical difficulties. Results of drillings till now fit well to those of both geophysical methods.

The coal-bearing complex is of considerable spread in the area surveyed. Its depth is +50 m to -250 m above sea level. No impermeable bottom of any great extent was found. Therefore the field geophysical work came to an end with the 1990 measurements.

1. 2. 2 Identification of coal layers with seismic and well log data in the Várpalota mining area

Antal Pápa, István Rákóczy, *Ernő Takács*

Commissioned by the Veszprém Coal Mines seismic reflection surveys were carried out close to the S-III colliery. Formerly, several wells were completed revealing the presence of a 5-10 m thick exploitable coal deposit directly on the Helvetian-Tortonian boundary. In conformity with drilling data a monotonic depth increase can be observed from west to east. At well site I-90 exceptionally the coal base can be encountered at a depth some 20-25 m shallower compared with the neighbouring wells. This difference of thickness can be attributed to a local uplift or to a block of higher dimension that is nevertheless a very important feature from the viewpoint of mining activities.

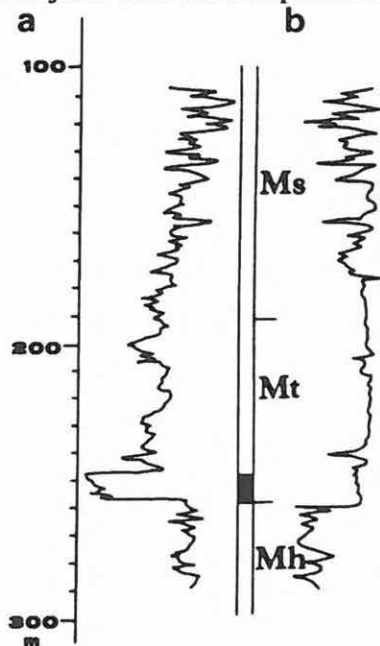
The coal deposit consists of a loose, ligneous, sandy material underlain by an excellent reflector close to the Helvetian-Tortonian boundary. This is the base of the coal deposit. Its direct investigation has satisfactorily been solved since the coal base is a very good seismic marker on the sections and a series of greater and smaller structural elements were able to be determined by the seismic reflection method.

Precise identification of this important marker was not possible in lack of acceptable velocity information. In attempting to compute the depth of the coal-bearing layer by transforming well log data into transit times some difficulty arises in finding the proper phase of the characteristic seismic signal to be identified with the coal layers.

Simultaneously with our seismic field surveys well I-149 was drilled where acoustic and density logs were recorded. At the well site the coal thickness is 10 m.

vastagsága 10 m. A szeizmikus felbontóképesség alsó határaként a $\lambda/4$ értéket használhatjuk, ahol λ a szeizmikus hullám hossza. A számítás eredményeként azt kaptuk, hogy az adott frekvencia és sebesség viszonyok mellett a széntelep elkülönítése lehetséges, ezért a mélyfúrásgeofizikai adatok felhasználásával az In-1/89 szeizmikus vonalunkon a fúrás környezetében elvégeztük a szénteleges öszszlet pontos azonosítását.

A 8. ábrán a fúrásban mért szónikus és sűrűség szelvények láthatók a széntelep helyzetének feltüntetésével. A sűrűség szelvény jól jelzi a telep feküjét és a felszínét is, a szónikus szelvényen azonban csak a fekü jelentkezik markáns változással. Ez alátámasztja azt az előzetes feltevésünket, miszerint a szeizmikus szelvényen a fekü jól reflektáló szintként fog jelentkezni. Kiszámítottuk a fúrás helyén a szeizmikus futási időre transzformált akusztikus impedancia görbét és ebből előállítottuk a szintetikus szeizmikus csatornát (9. ábra). A mélység-idő transzformáció az akusztikus terjedési idők alapján történt. A szintetikus csatornán pontosan azonosítható a szénteleges öszszlet feküje és egy interferenciás minimumként a felszine is. A feküt jelző akusztikus impedancia növekedésnek a pozitív



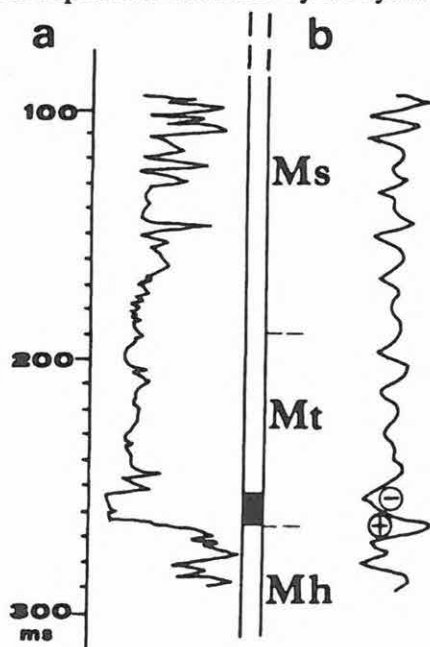
8. ábra. Az I-149 fúrásban mért sűrűség (a) és szónikus (b) szelvények

Fig. 8. Density (a) and sonic (b) sections measured in the I-149 well

рис. 8. Плотностные (a) и акустические (b) кривые по скважине I-149

The lower limit of the seismic resolution is $\lambda/4$ where λ is equal to the length of the seismic wave. Experiments show that the identification of the coal seam in the vicinity of the well is possible along the In-1/89 line using well log data.

Fig. 8 shows acoustic and density logs registered in the well, the position of the coal seam is marked. The density log indicates the top and bottom of the coal seam whereas on the acoustic log only the bottom can be recognized showing a significant change. This fact supports our previous assumption that the bottom layer is a good reflecting medium. At the well site the sonic impedance curve transformed into seismic transit time was calculated and the synthetic seismic trace is also displayed (Fig. 9). Depth-time transformation was carried out on the basis of acoustic transit times. The synthetic trace is a great help in identifying the bottom of the coal layer; the top can be correlated only with a signal minimum of an interference zone. The increase of the acoustic impedance generates a positive phase maximum and the decrease brings about a negative phase minimum so top and bottom of the coal deposit are indicated by the synthetic trace.



9. ábra. Szeizmikus futási időre transzformált akusztikus impedancia görbe (a) és a belőle számított szintetikus csatorna (b)

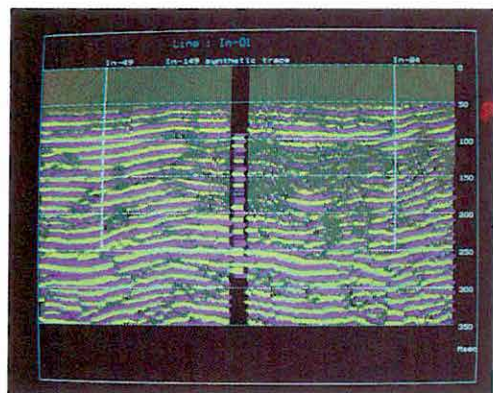
Fig. 9. Acoustic impedance curve (a) transformed to seismic reflection time and the derived synthetic channel (b)

рис. 9. Кривая акустического импеданса (a), приведенного к времени пробега сейсмических волн, и рассчитанная по ней синтетическая трасса (b)

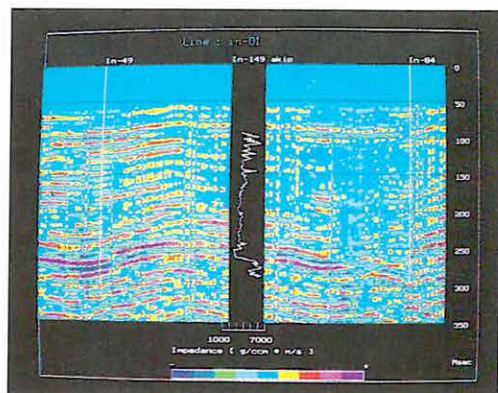
fázis maximuma, a felszínt jelző csökkenésnek pedig a negatív fázis minimuma fog megfelelni a szintetikus csatornán.

A 10. ábrán a migrált szelvénybe illesztettük a szintetikus csatornát. A szeizmikus szelvények EGA/VGA monitoron való megjelenítését Bereczky Csaba dolgozta ki. A mért és a szintetikus csatornák közötti jó egyezés lehetővé teszi azt, hogy az időbe transzformált mélyfúrásgeofizikai görbék alapján végezzük el a szeizmikus szelvény litológiai korrelációját a fúrás környezetében. A migrált szelvényből előállított relatív pszeudoakusztikus impedancia szelvény az akusztikus impedancia változásokat tükrözi, ezért közvetlenül összehasonlítható a mélyfúrási adatokból származó akusztikus impedancia görbével (11. ábra). A szénteleges összlet fekjét a fúrásban akusztikus impedancia növekedés, a felszínét pedig csökkenés jelzi. A relatív pszeudoakusztikus impedancia szelvényen az I-149 jelű fúrás helyén ezzel jól korrelál a 260 ms-nál megjelenő pozitív akusztikus impedancia változás (piros szín) és a 250 ms-nál megjelenő negatív akusztikus impedancia változás (kék szín). Ilyen módon a telep fekjét és a felszínét a fúrás környezetében pontosan azonosítani lehet.

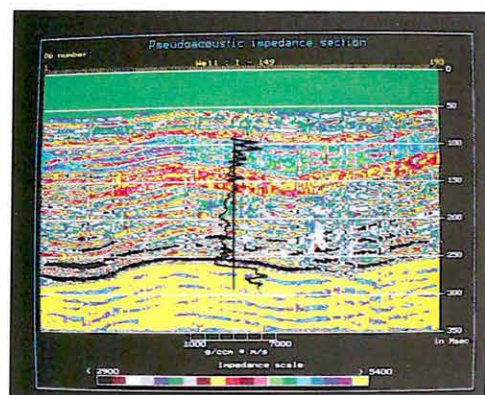
A szeizmikus és a mélyfúrásgeofizikai adatok felhasználásával előállítottuk az abszolút pszeudoakusztikus impedancia (12. ábra), és a pszeudosűrűség (13. ábra) szelvényeket is. A vizsgált fúrás helyén a szénteleges összletet mindkét szelvényen a 250 ms-nál megjelenő kis impedancia illetve sűrűség értékeknek megfelelő fázis jelzi. Valószínű, hogy olyan fúrásoknál, amelyekben nem állnak rendelkezésre szónikus szelvények, ott is elvégezhető a fenti analízis a sűrűség szelvényekre alapozva [LAWTON et al. 1991].



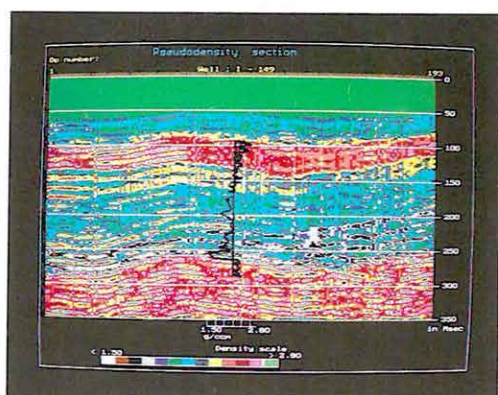
10



11



12



13

10. ábra. A migrált szelvénybe illesztett szintetikus csatorna

Fig. 10. Synthetic channel fitted into the migrated seismic section

рис. 10. Синтетическая трасса, вмонтированная в сейсмический разрез с миграцией

11. ábra. Relatív pszeudoakusztikus impedancia szelvény és a mélyfúrásgeofizikai adatokból számított akusztikus impedancia görbe

Fig. 11. Relative pseudoacoustic impedance section and acoustic impedance curve derived from well log data

рис. 11. Кривые относительного псевдоакустического импеданса и акустического импеданса, рассчитанного по данным скважинной геофизики

12. ábra. Abszolút pszeudoakusztikus impedancia szelvény és a mélyfúrásgeofizikai adatokból számított akusztikus impedancia görbe

Fig. 12. Absolute pseudoacoustic impedance section and acoustic impedance curve derived from well log data

рис. 12. Кривые абсолютного псевдоакустического импеданса и акустического импеданса, рассчитанного по данным скважинной геофизики

13. ábra. Abszolút pszeudosűrűség szelvény és a fúrásban mért sűrűség görbe

Fig. 13. Absolute pseudoacoustic section and density curve measured in the well

рис. 13. Кривые абсолютной псевдоплотности и плотности, измеренной по скважине

Fig. 10 portrays the synthetic trace fitted into the migrated seismic section. The display method of seismic section on an EGA/VGA monitor screen was elaborated by Csaba Bereczky. The good correlation between measured and synthetic trace provides a means of identifying lithological correlation at the well site by using time transformed well logs. Acoustic impedance changes are demonstrated by the relative pseudo acoustic impedance section derived from the migrated seismic section therefore it is comparable with the acoustic impedance curve measured in the well (*Fig. 11*). The bottom layer of the coal deposit is indicated in the well by an increase of the acoustic impedance whereas a decrease indicates the top of the coal. In the relative pseudo acoustic impedance section at well site I-149 a positive impedance change occurs at 260 ms (marked in red) and a negative impedance change can be observed at 250 ms (marked in blue). Thus in the vicinity of the well the coal bed can be accurately identified.

Using available seismic and well log data we calculated the absolute pseudo acoustic impedance and density sections (*Figs. 12 and 13*). In both sections the coal deposit is indicated by a phase corresponding to a small impedance and a small density value at 250 ms TWT. It seems to be possible that similar analysis can be done on the basis of density sections where sonic sections are not available [LAWTON et al. 1991].

Reference/Hivatkozás

- LAWTON D. C. and LYATSKY H. V. 1991: Density-based reflectivity in seismic exploration for coal in Alberta, Canada. *Geophysics* **56**, 1, pp. 139-141

1. 3. 1 Áttekintés a bauxitelőkutatásról

Kakas Kristóf, Kiss János, Magyar Balázs, Szilágyi Imre, Szörényi Zoltán

A Központi Földtani Hivatal megrendelésére a Dunántúlik-özéphegység és a Villányi hegység 5 előkutatási programjának keretében végeztünk bauxitkutató méréseket (7. ábra).

A Gerecse hegység DK-i részére vonatkozó, még 1983-ban elkezdett előkutató program szerint *Tarján–Felsőgalla* térségében MFS mérésekkel, *Szomor–Gyermely* térségében vertikális elektromos szondázásokkal ellenőriztük a korábbi gravitációs felmérés eredményeiből feltételezhető aljzatabemélyedések létét, és az aljzatabemélyedésekre bauxit és/vagy szénkutató fúrások lemélyítését javasoljuk. *Bajnától Ny-ra* és (a *Vértes* hegység ÉK-i részén) *Körtvélyespuszta* térségében elsősorban VLF ellenállástérképezéssel kerestük a triász aljzatkibúvások közötti bauxitra perspektívikus aljzatabemélyedéseket. Ahol a kisebb "medencék" magasfedője (nagyellenállású) hárshegyi homokkő volt, ott jó eredményeket értünk el a nagyfrekvenciás MFS szondázások alkalmazásával. *Csabditól K-re* kiegészítő gravitációs mérést végeztünk. *Mánytól DK-re* potenciáltérképezéssel (részben VLF ellenállásmérésekkel), majd MFS szelvényezésekkel kutattuk a triász aljzat szerkezeti egységeit. A mérések alapján telepített két fúrás a kutatási terület infraoligocén denudációját igazolta.

A gravitációs felmérésből, a potenciáltérképezésből, majd (a triász aljzat detektált bemélyedéseire telepített) MFS szelvényekből álló módszeregyüttes alkalmazhatóságát egy alsóörspuszta szelvényen (*Zs-7 szelvény, 14. ábra*) mutatjuk be. A gravitációs minimum és a vezetőképesség maximum kijelöli a felszínközeli triászrögök közötti öblöt. A pontos aljzattélmélységeket (és a szerkezeti formaelemeket) MFS szondázásokkal kaptuk. A szondázási görbékéből a "medence"-kitöltés is tagolható, az aljzat felett kisellenállású összletet kell feltételeznünk. A javaslatunkra lemélyült bauxitkutató fúrás (*Zs-89*) a várt szintben bauxitos összletet tárt fel.

A *Bakony ÉNy-i előterében*, *Tapolcafő* körzetében folytattuk az 1986-ban elkezdett távlati bauxitkutatást [ELGI 1987. Évi Jelentése, pp. 16–18, ELGI 1988–89. Évi Jelentése, pp. 87–91]. Tranziens szondázásokkal és potenciáltérké-

1. 3 BAUXITE PROSPECTING

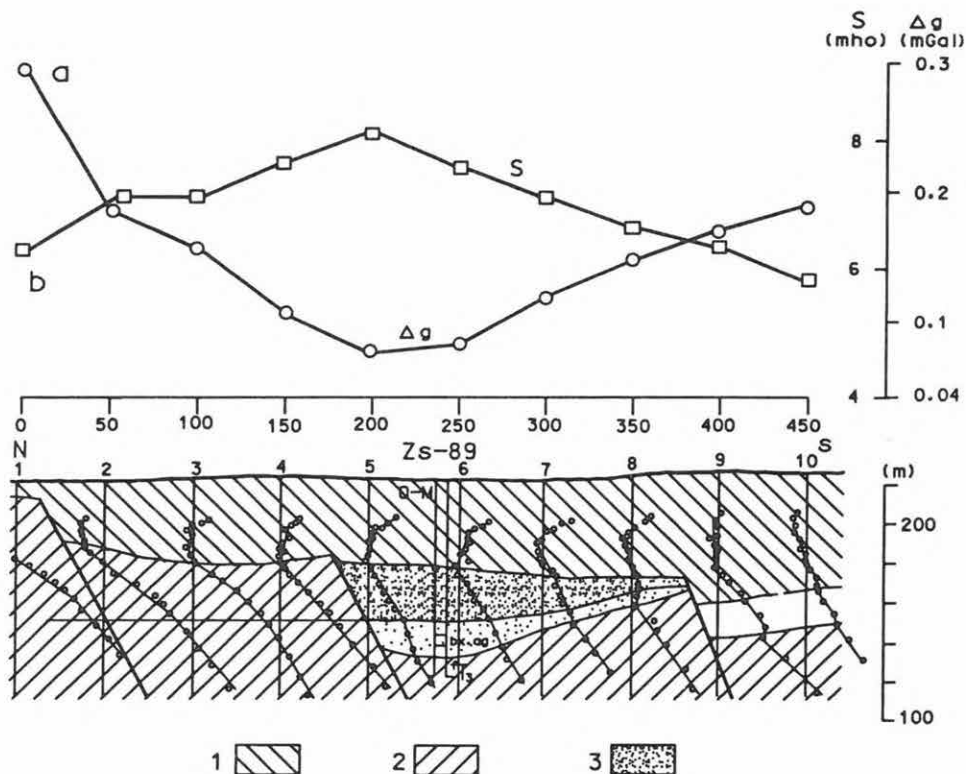
1. 3. 1 Review of the reconnaissance survey

Kristóf Kakas, János Kiss, Balázs Magyar, Imre Szilágyi, Zoltán Szörényi

Geophysical prospecting was performed in the Transdanubian Central Range and Villány Mountains within the framework of 5 reconnaissance projects, financed by the Central Office of Geology (Fig. 7).

Based on the Gerecse-SW project, dated back to 1983, the probable basement depressions detected by earlier gravity surveys were revised by MFS soundings around *Tarján-Felsőgalla* and by vertical electric soundings around *Szomor-Gyermely*. Boreholes for bauxite and/or coal prospecting were suggested on the proved lows of the Triassic basement. *West of Bajna* and around *Körtvélyespuszta* (NE part of the Vértes Mountains) mainly VLF resistivity mapping was used to detect buried lows among Triassic outcrops, worthy of further bauxite prospecting. Where the small 'basins' were covered by highly resistive sandstone and conglomerate (Hárshegy Sandstone Formation), good results were received by high-frequency MFS soundings. Supplementary gravity survey was carried out in *east of Csabdi*. South-east of *Mány* the tectonic-structural units of the Triassic basement were surveyed at first by potential mapping and (in places) by VLF resistivity profiling, then by MFS soundings. Two boreholes proposed by survey results verified the structural view but revealed a strong Infra-oligocenian denudation, destroying the would-be bauxite deposits.

To illustrate the integrated use of gravity/microgravity survey, DC potential mapping and MFS soundings (applied for the detected lows of the Triassic basement only) the Zs-7 profile (Alsóörpuszta, Gerecse Mts) is presented (Fig. 14). The gravity low and the total conductivity high indicate the 'basin' or 'bay' between the elevated Triassic blocks. Exact depths and the structural/tectonic shape were determined by MFS soundings. With the resistivity-depth curve the overburden of the 'basin' can be differentiated. Presumably a low resistivity layer exists just over the (resistive) basement, which is a sign of a possible bauxite complex. The borehole Zs-89 proposed by this results hit a bauxite compound at the level predicted.



pezéssel meghatároztuk az Ugodi Mészkö Formáció, mint perspektivikus bauxit-fekü elterjedését és mélységét, gravitációs és geoelektromos mérésekkel a triász aljzat szerkezeti helyzetét (Homokbödöge-Ugod körzete) és a bauxitképződést kizáró nem-karbonátos triász aljzat elterjedését. A lemélyülő fúrások a geofizikai adatokat igazolták, de bauxitot nem tártak fel.

A *Bakony D-i előterében* az előkutatás 1987-ben indult [ELGI 1988-89. Évi Jelentése, pp. 83-86]. Mivel a terület nagy és a bauxitperspektivitás viszonylag kicsi, az egyenletes sűrűségű térképezés nem látszott célszerűnek. Kisebb "modellterületeken" mértünk, amelyek a teljes terület földtani analógonjaiként szolgálnak majd. A modellterületeken kívüli "köztes" területeken a fúrásos kutatást csak néhány méréssel kell majd előkészíteni, hiszen addigra a földtani-geofizikai modellt ismerjük. 1990-ben az Agártető és a Tálodi-erdő körzetében végeztünk területi felmérést, Monostorapáti és Tapolca környékén pedig fúráskitűzéshez szelvénymenti méréseket végeztünk.

Érdekes feladatot jelentett a bazalttal fedett mintegy 14 km² agártetői terület kutatása. A nagyellenállású bazalt alatt a triász aljzat mélységének és a dolomit felszínén az esetleges bauxittároló szerkezeteknek a térképezése egyenáramú módszerekkel nem lehetséges. Tranziens szondázásokkal az aljzat mélysége meg-

14. ábra. Zs-7 komplex geofizikai szelvény
a — vezetőképesség és Bouguer-anomália szelvény; b — elektromágneses frekvencia-szondázási szelvény és földtani értelmezése; 1—oligomiocén fedő; 2—triász dolomit; 3—a tektonikus árok kitöltése

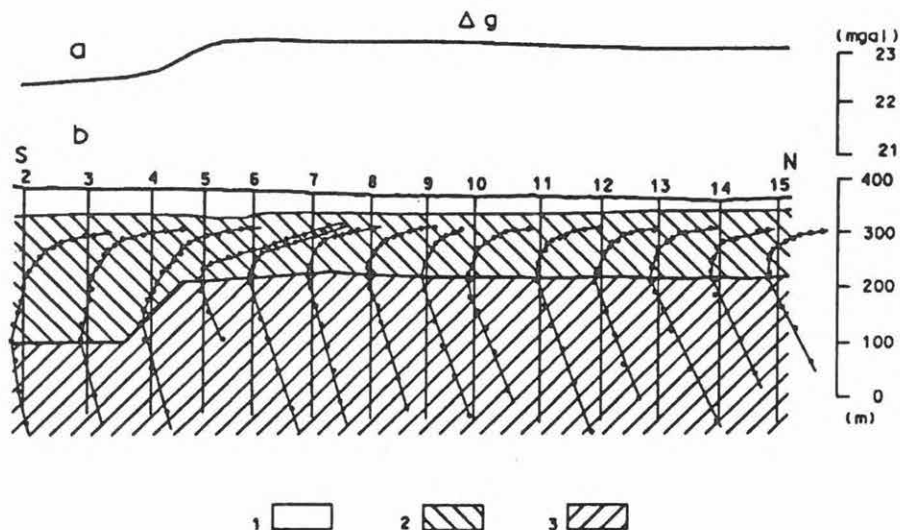
- Fig. 14. Integrated geophysical cross-section Zs-7
a — total conductivity (from potential mapping) and Bouguer-anomaly data; b — EM multifrequency sounding section and geological interpretation; 1—Oligocene overburden; 2—triassic dolomite; 3—trap filling

- рис. 14. комплексный геофизический профиль Zs-7
a—профиль проводимости и аномалий Бугэ; б—разрез по данным частотного зондирования и геологическая интерпретация данных; 1—нахрывающие отложения олигоценного возраста; 2—доломиты триасового возраста; 3—заполнение тектонического грабена

On the *northwest foreland of the Bakony Mountains*, around Tapolcafő, the reconnaissance bauxite prospecting started in 1986 was continued [Annual Report 1987, p. 171 and 1988-89, p. 251]. The depth and extent of the Ugod Limestone Formation, as a possible base of the bauxite deposits were delineated by transient (CIL) soundings and DC potential mapping. Gravity and electric survey gave the structural position of the Triassic basement, as a highly resistive and high density horizon, serving as an other possible level of bauxite bodies. If the extent of non-carboniferous Triassic base (as genetically unfavourable environment for bauxite bodies) could be determined it would help to reduce the area of perspectives. The drillings justified the geophysical results but no bauxites were found.

On the *south foreland of the Bakony Mountains* the reconnaissance project was started in 1987 [Annual Report 1988-89, p. 251]. Because of the great extent of the area to be surveyed and of likelihood that there would be a relatively low level of bauxite, evenly gridded mapping would not be appropriate. Smaller but characteristic zones ('model sites') were investigated; it was intended that these should serve as a geologic analogy of the total project area. Since the basic geological-geophysical problems of a given part of the project area will have been solved by that time, to site a drilling for bauxite prospecting needs some profiling fieldwork and a few soundings. In 1990, areal surveys were performed around Agártető and Tálodi-erdő (as 'model sites'). In the vicinity of Monostorapáti and Tapolca some integrated profiles were carried out for borehole sitings.

It was an exciting job to survey the Agártető zone, covered by 14 km² of surface basalt layer. Below the inhomogeneous and highly resistive basalt cover, the mapping of the Triassic basement and detecting of the possible bauxite-containing structural 'traps' with direct-current methods would be hopeless task. Transient (CIL) soundings were used with success to fathom the depth of the basement, the combination of the TRH procedure [Annual Report 1985, pp. 191-196] with the interactive curve fitting yields an attractive picture of the overburden (Fig. 15). In this zone no drilling had previously penetrated through the basaltic layer.



határozható [ELGI 1985. Évi Jelentése, pp. 79–96], a fedő tagolását az interaktív kiértékelés és a TRH eljárás kombinációja teszi lehetővé (15. ábra). A bazaltos összetétel fúrás eddig még nem harántolta.

A Déli Bakony É-i előterében, a nyírádi bauxitelőfordulástól É-ra 1990. évi méréseink során MFS szondázásokkal kutattuk a triász aljzat tektonikai blokkjait, lépcsőit, hogy keressük azokat a területeket, ahol a feltételezett bauxitszint felszínközelségben (<200 m), lehetőleg eocén rétegcsoporthoz lehet. Ajkarendek–Kislőd térségében gravitációs felmérést végeztünk, ennek eredményeképpen kirajzolódott az ÉNy felé elmélyülő triász aljzat szerkezeti képe. A Kisalföld felé elmélyülő középhegységi aljzatot kisebb, ÉK-DNy csapású sasbércek tagolják. A javaslatunkra telepített Ak-33 jelű fúrás 400 m mélységben 38 m vastag jöminőségű bauxitot harántolt, igazolva az iharkúti típusú bauxitlepek elterjedését. A nagy települési mélység miatt a bauxitlepnek sajnos nincs gazdasági jelentősége.

A Villányi hegység körzetében befejeztük a gravitációs térképezést és folytattuk a mezozoós aljzatrögök-pikkelyek kutatását elsősorban tranziens szondázásokkal. A többéves fúrások ellenőrzéséből megállapíthatjuk, hogy a geofizikai mérések megbízhatóan és gazdaságosan alkalmazhatók a mezozoós aljzat formaelemeinek meghatározására, de nem lehetséges detektálni a fedett aljzatban belül a jura–kréta kontaktust.

15. ábra. Geofizikai szelvény bazalttakaró alatti bauxit kutatására
a — gravitációs anomáliaszelvény; b — tranziens szelvény a TRH kiértékelés és (a felső geoelektromos réteghatárra) az interaktív görbeillesztés alapján; geológiai értelmezés: 1 — pannon bazalt ($\rho = 200\text{--}250 \Omega\text{m}$); 2 — pannon agyagos öszslet ($\rho = 15\text{--}20\Omega\text{m}$); 3 — földolomit ($\rho > 4000 \Omega\text{m}$)

Fig. 15. Integrated geophysical cross-section for bauxite prospecting below basalts

a — gravity data; b — transient electromagnetic soundings, depth data from the TRH inversion and interactive curve fitting (upper geoelectric level); geological interpretation: 1 — Pannonian basalt ($\rho = 200\text{--}250 \Omega\text{m}$); 2 — Pannonian clayey complex ($\rho = 15\text{--}20 \Omega\text{m}$); 3 — Upper Triassic Hauptdolomit ($\rho > 400 \Omega\text{m}$)

рис. 15. Геофизический профиль по поискам бокситов под базальтовым окровом

a— профиль по аномалиям силы тяжести; b—профиль по интерпретации способом ТРН и интерактивной интерпретации (для верхнего элек трического слоя) данных МПП : 1—базальты паннонского возраста ($\rho = 200\text{--}250 \text{ омм}$), 2—глинистая толща паннонского возраста ($\rho = 15\text{--}20 \text{ омм}$); 3— доломиты ($\rho > 4000 \text{ омм}$)

On the north foreland of the southern Bakony Mountains, north of the Nyirád bauxite occurrence, the tectonic blocks and steps of the Triassic basement were investigated in 1990 by MFS soundings. The aim was to look for spots where the supposed bauxite level (resting on the surface of the basement) is not so deep ($< 200 \text{ m}$) and, if possible, where these spots are below the Eocene overburden. Around Ajkarendek and Kislőd, a gravity survey was carried out to delineate the tectonic-structural view of the Triassic basement. The main blocks of the Central Range generally sink towards north-west, the Little Hungarian Basin; but minor horsts of NE-SW direction dissect the general trend. Ak-33 drilling, suggested by the geophysical results, hit 38 m of good quality bauxite compound at a depth of 400 m. The quality of the bauxite is similar to the famous Iharkút one, but because of the great depth the hit has no economic value.

For the Villány Hills reconnaissance project, the gravity survey was concluded. Mapping of Mesozoic elevated and overthrust blocks was continued mainly by transient soundings. A few year drilling check made certain that geophysical methods can be used reliably and economically to determine the formal elements of the Mesozoic basement, but inside the basement there is no hope of detecting the Jurassic-retaceous interface, where there is a strong likelihood that bauxite could be found.

1. 3. 2 A felderítő és részletező fázisú bauxitkutató mérések áttekintése

Tóth Csaba, Csathó Beáta

Az ELGI 1990-ben az előző évekével megegyező volumenben végezte a Bauxitkutató Vállalat (BKV) megbízásából geofizikai kutatásait a Dunántúli-középhegység kijelölt részterületein. Az ezévi geofizikai kutatás szinte teljes egészében a kismélységű bauxitkutató fúrások telepítésének előkészítését (a fekdomborzat leképezését, mélységének meghatározását, a kimutatott depressziókat kitöltő üledékösszlet minősítését, a felderítő fúrások optimális helyének kijelölését) szolgálta. A földtani modell mellett ez határozta meg a geofizikai kutatáshoz alkalmazott módszerek körét is.

Az idei kutatásoknak az eddigiektől eltérő sajátossága, hogy csökkent a nagyobb területegységek felszíni kutatására vonatkozó — az eddig megszokott — igény, ugyanakkor megnőtt az olyan feladatok száma, amelyekhez a BKV pontosan megfogalmazta a kutatási feladatot (pl. adott vető helyének, csapásának és elvetési magasságának meghatározása). A megbízó jelölte ki azokat a kis körzeteket, ahol a tervezett bauxitkutató fúrások lemélyítése előtt a vetők elkerülésére és a várható mélység ismeretére geofizikai méréseket kívánt végezteni. A földi mérések 34%-ával újabb — eddig még geofizikailag sem kutatott — nagy térségeken, a BKV ún. "távelfelderítő" kutatási programja keretében készítettük elő a fúrásokat.

A Bakony három működő bauxitbányájához (Nyírad, Iharkút és Fenyőfő) közel eső kismélységű területek fúráselőkészítő felszíni geofizikai kutatásainak megalapozását nagy mértékben az 1987 és 1989-es légi geofizikai mérések [ELGI 1988-89. Évi Jelentése, p. 97, pp. 167-176] szolgáltatták. Itt kell megemlíteni, hogy az 1987-es légi elektromágneses mérések területeinek fúrásos kutatása 1990 elején befejeződött.

A geológiai eredmények tükrében vizsgáltuk a légi geofizikai mérések bauxitkutatásban való eredményességét. A vizsgálatra a BKV és az ELGI közös munkacsoportot hozott létre. A tapasztalatok szerint a légi elektromágneses mérések a kutatás első ütemeiben jól helyettesítik a földi VLF térképezést; megfelelő áttekintő képet adnak a kis fedővastagságú részterületek bauxitfeküjének morfológiájáról, valamint a fedett területek főbb szerkezeti elemeiről. Segítségükkel kimutatható a nagyobb (≥ 100 m) méretű fekbemélyedések mindegyike és a kis méretűek zöme. A bauxitra perspektivikus területek jellegzetes anomáliái detektálhatók, a fúrásos kutatás ezekre a területekre irányítható, így a nagy kiterjedésű, de még ismeretlen területek kutatása gyorsítható. Az 1989-es légi geofizikai mérések adatainak feldolgozása befejeződött; a földtani értelmezés első eredményei alapján a fúrásos kutatást a BKV megkezdte, a mérések értelmezésével a következő fejezetben foglalkozunk.

1990-ben légi geofizikai bauxitkutató méréseket három (összesen 120 km² kiterjedésű) területen (Úrkút-Herend, Eplény-K és Tés) végeztünk (7. ábra). A komplex légi geofizikai mérőállomást az osztrák Szövetségi Földtani Hivataltól

1. 3. 2 Detailed bauxite prospecting

Csaba Tóth, Beáta Csathó

In 1990, in a contractual arrangement with the Bauxite Prospecting Co. (BKV, now: Geoprospect Ltd) ELGI performed — as they had done in previous years — a geophysical survey on the assigned sites of the Transdanubian Middle Range. The geophysical works served almost exclusively to clarify the position of the bauxite drillings, through fathoming and mapping the bedrock topography, classification of overburden on the detected trap-like elements, and (generally) network optimization of the exploratory drillings. Besides the geological model, these goals specified the methods applied in the geophysical survey.

This year the work had some new features. Demands to survey entire areas (usual till now) decreased whereas prospecting tasks precisely defined by the customer (the bauxite companies) increased (e.g. to determine the locality, direction and height of a given fault). Smaller zones were set out by the bauxite geologists where a field survey was needed to assess the depth of the drilling and to keep away from the faults. In the framework of the project of the Bauxite Prospecting Co., reconnaissance mapping was performed in geophysically unknown areas to prepare for drilling activity, using 34% of ELGI's annual geophysical capacity.

On the near-surface bauxite areas around the active bauxite mines of the Bakony Mts (Nyírád, Iharkút, Fenyőfő) the preliminary steps of the geophysical and drilling prospecting were mainly the airborne geophysical measurements of 1987 and 1989 [Annual Report of 1988-89, p. 97 and pp. 278-282]. The drilling follow-ups of the areas investigated in 1987 by aerial electromagnetic survey were finished in early 1990.

With the knowledge of the borehole results, the effectivity of airborne geophysical measurements in bauxite prospecting was evaluated by an ad-hoc team consisting of personnel from ELGI and the Bauxite Prospecting Co. Judging from the results, helicopter-borne EM profiling can correctly substitute the ground VLF-EM mapping in the initial stage of prospecting. The profile is able to produce a good review of the depth conditions of the bauxite-carrying basement in shallow zones and is able to determine the main tectonic elements of the medium-depth zones. With this survey all of the medium-sized (≥ 100 m) bauxite traps and the greater part of the small ones can be localized. Because the characteristic features of the smaller areas of high bauxite content can be detected, drilling activities can be concentrated in these areas thereby speeding up the assessment of huge, relatively unknown zones. The data prospecting of the 1989 airborne geophysical measurements has finished. Using the first interpreted results the Bauxite Prospecting Co. commenced the drilling. Interpretation problems will be analysed later in this section.

In 1990, airborne geophysical measurements for bauxite prospecting were carried out in three areas of 120 km² (Úrkút-Herend, Eplény-K, Tés), see Fig. 7.

(Geologische Bundesanstalt, Bécs) béreltük, a hivatal szakemberei a mérésekben résztvettek és az elsődleges feldolgozást ők végezték.

1988–89. évi jelentésünkben a komplex légi geofizikai mérőállomást már bemutatunk. Idén a korábbi kétfrekvenciás mérőszonda helyett háromfrekvenciás, DIGHEM III típusú szondát alkalmaztunk. A tekercsek geometriája és a mérőfrekvenciák rendre a következők: függőleges síkú, közös tengelyű tekercspár ($f = 32000$ Hz), vízszintes közös síkú tekercspárok ($f = 900$ Hz és $f = 7200$ Hz). A legnagyobb frekvencia a fedőréteg paramétereinek meghatározására nyújt lehetőséget kis fedővastagság esetén, a három frekvencia alkalmazása megteremti a kétréteges kiértékelés lehetőségét. Az 1990. évi mérések technikai adatai (repülési magasság, szelvénytávolság, stb.) megegyeztek a korábban alkalmazottakkal.

Évközben az egyes területek éppen befejezett geofizikai méréseinek adatait igyekeztünk azonnal kiértékelni, értelmezni és dokumentálva átadni a megbízónak. Erről a tevékenységről 21 évközi jelentés, adatszolgáltatás, tanulmány, valamint számos — a fúrásos kutatásra javasolt geofizikai tervpontok átadását és terepi kitűzését rögzítő — jegyzőkönyv tanúskodik.

1. 3. 3 A légigeofizikai mérések földtani értelmezése

Antalné Bodrogi Marilla, Csathó Beáta, Gulyás Ágnes, Kiss János, Szilágyi Imre

Bevezetés

Az 1989. évi légi mérések földtani értelmezéséhez a következő feladatokat kellett elvégezni:

- a mérési adatok ellenőrzése, korrekciója, adatbázisok feltöltése, paraméterterképek és szelvények szerkesztése;
- a kiegészítő földtani–fúrási információk feldolgozása, értékelése;
- a légi anomáliák térképi és/vagy szelvénymenti osztályozása, terepi azonosítása, mélységbecslés végzése, földi mérésekkel való ellenőrzése;
- megfelelő méretű bauxittároló szerkezetek kiválasztása, a fedő minősítése;
- a bauxitra perspektivikus anomáliák kijelölése, ezekre geofizikai tervpontok kijelölése és terepi kitűzése.

A légi geofizikai anomáliák terepi és fúrásos ellenőrzését jelenleg is folyamatosan végzi a BKV. Az alábbiakban a Halimba és a Sümeg környéki mérések feldolgozását és értelmezését mutatjuk be, amelynek eredményeiről eddig már több előadásban beszámoltunk [CSATHÓ et al. 1990, GULYÁS et al. 1991].

The instrumental assembly for the survey was rented from the Geological Survey of Austria (Geologische Bundesanstalt, Wien). The on-board complex was partly operated by our Austrian colleagues and similarly, the primary data prospecting was performed by Austrian colleagues. Details of the on-board complex were introduced in the Annual Report of 1988-89. This year (instead of the previously used 2-frequency bird) a DIGHEM-III three-frequency electromagnetic probe was flown. A coaxial coil pair working at 32000 Hz and a coplanar pair of coils, driven at 900 and 7200 Hz, were applied. The new high frequency channel rendered the determination of the overburden parameters possible even for a thin upper layer. The use of three frequencies opened new vistas for the two-layer interpretation procedure. Operational parameters (flight altitude, line spacing) were the same as earlier.

As a basic part of our field activity, geophysical survey results coming from the ongoing or just finished jobs were processed and interpreted immediately, and the customer was kept informed the whole time. Twenty-one preliminary reports and studies as well as a good many records about geophysical suggestions for field locations of drillings were evidence of this activity.

1. 3. 3 Geological interpretation of the results of airborne geophysical measurement

Marilla Bodrogi-Antal, Beáta Csathó, Ágnes Gulyás, János Kiss, Imre Szilágyi

Introduction

In order to interpret geologically the 1989 airborne geophysical data, the following work was carried out:

- checking and correction of survey data, storing them in a data base, construction of parametric maps and profiles;
- processing and assessment of the information of surface geology and boreholes;
- classification of airborne anomalies on maps and/or along flight lines, ground staking and control, depth estimation;
- analysis of the extent of the anomalies, looking for bauxite traps, overburden classification;
- selection of highly perspective anomalies, staking out drilling points.

The ground follow-up and drilling is being continued even now. In the following, the processing and interpretation of the survey around Halimba and around Sümeg will be presented. The results have already been reported [CSATHÓ et al. 1990, GULYÁS et al. 1991].

Az osztrákok által elvégzett előfeldolgozás után a légigeofizikai adatok az ELGI IBM-4361 számítógépén létrehozott adatbázisba kerültek. A speciális eljárásokkal kiegészített INTERGRAPH alapszoftver, az ILWIS térbeli információs programrendszer (GIS*) és a légigeofizikai szelvények megjelenítésére kifejlesztett programok (pl. AERODAT, HOLEM, DIPEM) lehetővé teszik a légigeofizikai paramétertérképek és szelvények, geológiai térképek, fúrások, síkrajz, felszíni morfológia együttes megjelenítését különböző szelvények és térképek formájában. Az értelmezés során nemcsak elektromágneses és mágneses modellezési eredményeket, hanem a Földmérési és Távérzékelési Intézetben (FÖMI) végzett képfeldolgozási kísérletek eredményét is felhasználtuk.

A kutatási területek földtani–geofizikai modellje

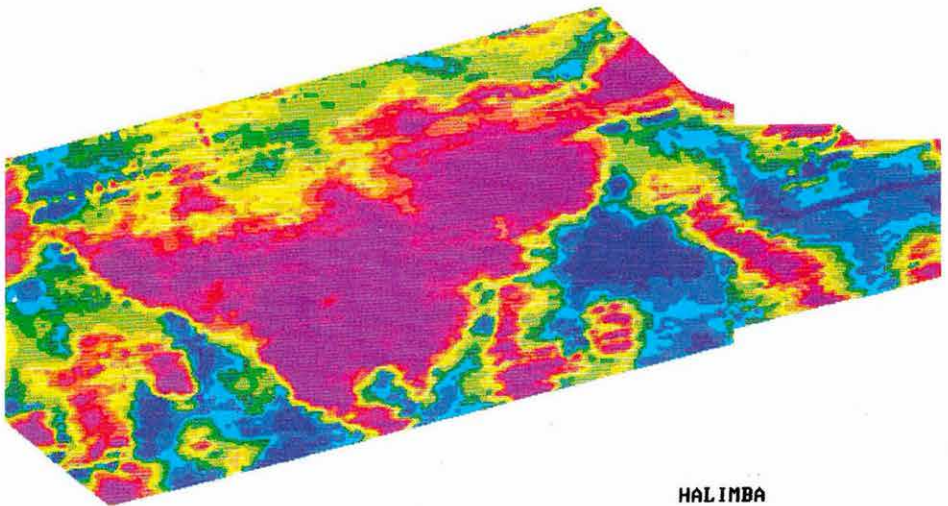
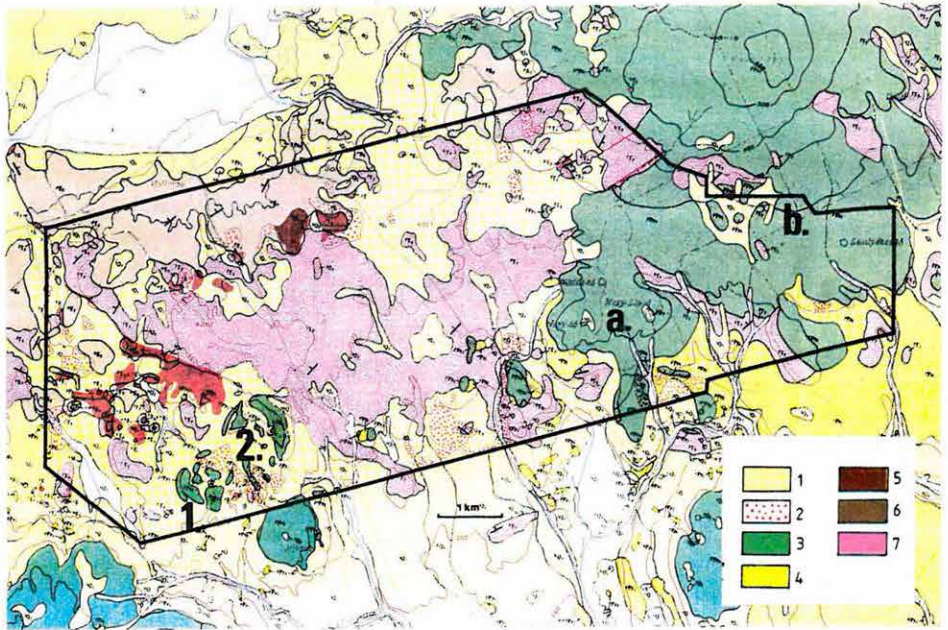
A kutatási területek nagy részén a mezozoós (főleg felső-triász) karbonátos kőzetek — földolomit, dachsteini mészkő, esetleg a kösszeni rétegek — felszínen vagy felszínközelen található. A mezozoós alaphegység tektonikusan preformált, részben karsztos eredetű bemélyedéseiben bauxit keletkezhetett. A fedőösszletet változó vastagságú és összetételű paleogén-neogén rétegsor alkotja: az eocén rétegsorra uralkodóan mészköves és márgás, a neogénre főleg a törmelékes üledékek a jellemzők. A neogén vulkanitok — alkáli bazaltok — főleg a halimbai területen fordulnak elő.

A halimbai terület földtani térképét (16. ábra) kiegészítettük a bauxitos, vörösgyagyas képződmények elterjedésével a LANDSAT TM űrfotó talajtani osztályozása [CSILLAG G., MÁFI] és saját terepi ismereteink alapján. Az előforduló legfontosabb földtani képződményeket és a hozzájuk rendelhető kőzetfizikai paramétereket — főleg terepi tapasztalatok alapján — a 1. táblázat ismerteti. Mivel az egyes képződmények fizikai paraméterei átfedik egymást, célszerű minél több komponens egyidejű mérése és figyelembevétele.

Az *elektromágneses (EM) mérésekkel* követhető a karbonátos medencealjzat domborzata. A korábbi kísérleti mérések [CSATHÓ et al. 1990] és az eddigi EM modellezések tanúsága alapján az EM mérések kvantitatív kiértékelése egydimenziós modellszámításokra (DIPEM, HOLEM) alapozható. *Radiometrikus mérésekkel* lehetséges a bauxitösszlet közvetlen kimutatása felszínközeli előfordulások esetén. A módszer a legfelső néhányszor 10 cm közvetlen kutatását teszi csak lehetővé. Kedvező esetben (reziduális talaj) a talajképző kőzetek közvetett kutatása is lehetséges. A radiometriai méréseknél a természetes összradioaktivitáson kívül a megfelelő energiatartományban mért intenzitás alapján kálium-, ekvivalens urán- és ekvivalens tórium-tartalmat határoztunk meg.

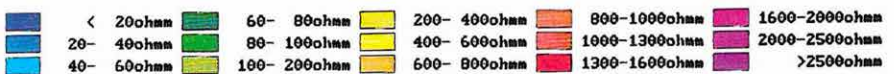
A három mért elem geokémiai viselkedése nagyon eltérő. A *kálium* az egyik leggyakoribb és legmobilisabb elem. Mivel mesterséges hatások (káli-műtrágyázás, kommunális szennyeződések stb.) a felszíni koncentráció kialakításában nagy

*GIS=Geographical Information System



HALIMBA

0 1km



	ρ	h	ΔT	γ
fT_3	1000–6000	700–1000	–	U (2–8 ppm)
kT_3	50–150	100–200	–	K
dT_3	1000–6000	50–200	–	–
^mJ-K	500–2000	?	–	–
Bx	80–150	10–20	+	U (2–30 ppm); Th (10–130 ppm)
E ₂	50–600	20–300	–	K
Ol	5–100	50–300	–	Th, K
Ng	5–400	20–400	–	Th, K
mNg	100–400	10–20	–	–
β	100–400	10–200	+	Th (4–20 ppm); K (1–4%)

A három mért elem geokémiai viselkedése nagyon eltérő. A kálium az egyik leggyakoribb és legmobilisabb elem. Mivel mesterséges hatások (káli-műtrágyázás, kommunális szennyeződések stb.) a felszíni koncentráció kialakításában nagy szerepet játszanak, közvetlen földtani következtetések levonására a kálium-térkép nem mindenhol alkalmas. A bazaltos összletek K tartalma jelentős. Az urán igen kis mennyiségben előforduló mobilis elem. Koncentrálódásának mértéke a redox-viszonyok függvénye. Növekvő urántartalom redukzív viszonyok között képződött üledékes kőzetre vagy fedetlen szerkezeti vonalakra utalhat. Figyelemre méltó a földolomit viszonylag nagy U-tartalma. A tórium kis mennyiségben előforduló elem. A bauxitképződés során az oldhatatlan maradékban dúsul, ezért a bauxitlencsék fölött, azok pereménél tórium-koncentráció növekedést tapasztalunk.

Halimbai kutatási terület

A halimbai kutatási területen végzett légi geofizikai mérések paraméterterképein kívül olyan transzformált képeket is bemutatunk, amelyek különösen jól használhatók a földtani kutatásban.

A 3600 Hz-es látszólagos fajlagos ellenállás térkép (17. ábra) nagy ellenállással jellemzett területein (erős rózsaszínes árnyalatok) a triász korú képződmények mélysége nem haladja meg az 5 métert. Ide kell sorolni a kutatási terület közepét uraló nagyellenállású zónát, amelyen belül néhány jelentéktelen ellenállás-minimumot ugyan találunk, de ezek amplitúdója nem utal jelentős vastagságú fedőre, így bauxitra nem perspektivikusak. A halvány átmeneti színekkel jelölt kibúvásperemi "átmeneti" területeken a legvalószínűbb a bauxit előfordulása. Az ellenállástérképezés hatékonysága ezekben a zónákban a legnagyobb. A kék színnel jelölt medenceterületeken a fedőösszlet vastagsága jelentős (néhány-szor 10 m).

I. táblázat A halimbai kutatási terület jellemző kőzeteinek fizikai paramétereit

ρ — fajlagos ellenállás Ωm -ben; h —vastagság m -ben; ΔT — mágneses anomália; γ — természetes γ -aktivitási tulajdonságok; ${}^f\text{T}_3$ — földolomit; ${}^k\text{T}_3$ — márga; ${}^d\text{T}_3$ — dachsteini mészkő; ${}^m\text{J-K}$ — júra-kréta mészkő; Bx — bauxitösszlet; E_2 — mészkő és márga; Ol — oligocén törmelékes összlet; Ng — neogén üledékes összlet; ${}^m\text{Ng}$ — mészkő; β — bazalt

Table I. Physical parameters of characteristic rocks on Halimba survey area

ρ —resistivity in Ωm ; h —thickness in m ; ΔT —magnetic anomaly in nT ; γ —natural γ -ray activity properties; ${}^f\text{T}_3$ —Upper Triassic Hauptdolomit; ${}^k\text{T}_3$ —marl; ${}^m\text{J-K}$ —Jurassic-Cretaceous limestone; Bx —bauxite complex; E_2 —limestone and marl; Ol —Oligocene detrital complex; Ng —Neogene sedimentary complex; ${}^m\text{Ng}$ —limestone; β —basalt

Табл. I. Физические параметры характерных образований участка Халимба

ρ —удельное сопротивление в омм ; h —мощность толщи в м ; ΔT —магнитная аномалия; γ —естественная гаммаактивность; ${}^f\text{T}_3$ —доломиты; ${}^k\text{T}_3$ —мергели триасового возраста; ${}^d\text{T}_3$ —известняки дахштейнской формации; ${}^m\text{J-K}$ —известняки юрского и мелового возраста; Bx —бокситоносная толща; E_2 —известняки и мергели эоценового возраста; Ol —обломочные породы олигоценового возраста; Ng —осадочные породы неогенового возраста; ${}^m\text{Ng}$ —известняки неогенового возраста; β —базальты

forming the K-anomalies, the K-map is suited for direct geologic interpretation in limited places only. In this survey, the basalts have remarkable potassium contents. Uranium is mobile and does not occur to any large extent. Its concentration is affected by the redox conditions. Higher uranium values can relate to sedimentary rocks of reductive origin or open tectonic lines. The relatively high U-content of the Hauptdolomit is remarkable. Thorium occurs in small amount in this area. During the diagenesis of the bauxite deposits thorium had an enrichment effect on the insoluble residuals, so above and around the bauxite bodies the thorium concentration has a maximum.

Halimba survey area

From the Halimba airborne geophysical measurements not only the parameter maps will be presented but transformed maps as well; these are particularly useful during geological prospecting.

In the zones of high apparent resistivity, observed at 3600 Hz (strong reddish colours in Fig. 17) the depth of the Triassic rocks is less than 5 m. In the centre of the survey area is a huge zone of high resistivities. Inside this zone few resistivity minima are found, but even at these places the overburden thickness is very limited, so there is no prospect of bauxite in the whole zone. It is supposed that

A mágneses (ΔT) térkép (18. ábra) délnyugati sarkában két bazalttest azonosítható (1, 2), amelyek különböző irányban mágnesezettek, tehát különböző korú vulkáni tevékenység termékei. A keleti részen található kisebb intenzitású anomáliákat (a, b) takaró jellegű bazaltképződmények okozzák.

A bauxitos-vörösagyagos felszíni előfordulások indikálására a *tórium eloszlás térképét* (19. ábra) készítettük el. Az ismert bauxitlencsékhez és vörösagyag-előfordulásokhoz Th maximumok kötődnek. Az anomáliák természetesen nem hely- és alakhelyesek, de a terület bejárása és geomorfológiai ismeretek birtokában a tórium-térkép perspektivikus részekre hívja fel a figyelmet.

A következőkben a képfeldolgozási kísérletek eredménytérképei közül mutatunk be néhányat. A képfeldolgozást és a többváltozós statisztikai analízist napjainkban rendkívül széleskörűen alkalmazzák az anyagvizsgálatoktól, orvosi elemzéseken át az úrfotók kiértékeléséig. Az alkalmazott matematikai eljárások ismertetését több helyen megtalálhatjuk [pl. RICHARDS 1986]. Légi és felszíni geofizikai mérések kiértékelésére is találhatunk példákat a szakirodalomban, habár a hazaitól eltérő földtani-geofizikai modellek esetére. Az egyes paraméterek statisztikai jellemzőit a II. táblázat foglalja össze.

Első képfeldolgozási kísérletünket az ellenállás-térképeken hajtottuk végre. Mivel a két eredeti ellenállás-térkép közötti korreláció nagy, célszerű főkomponens-transzformációt végezni, és így korrelálatlan képeket számítani. A nyert képek magyarázata a földtani ismeretek és elektromágneses modellszámítások alapján lehetséges.

Míg az 1. főkomponens (20. ábra) az eredeti ellenállástérképekhez képest nem nyújt lényeges információt, addig a 2. főkomponens (21. ábra), melyet a különböző behatolási mélységű és oldalirányú érzékenységgű ellenállástérképek súlyozott különbségképzésével nyerünk, lehetővé teszi a neogénnel fedett medencék területén a különböző aljzatmélységű területek kijelölését és a mágneses hatók osztályozását (21. ábra, a, b, 1, 2 jelölések).

	eK	eTh	eU	ρ_{3600}	ρ_{900}	ΔT
eK	1.00000	0.46733	0.15139	-0.09353	-0.13180	-0.05271
eTh	0.46733	1.00000	0.34225	-0.05864	0.00485	0.03704
eU	0.15139	0.34225	1.00000	0.31800	0.19731	0.06708
ρ_{3600}	-0.09353	-0.05864	0.31800	1.00000	0.68675	0.08813
ρ_{900}	-0.13180	0.00485	0.19731	0.68675	1.00000	0.12551
ΔT	-0.05271	0.03704	0.06708	0.08813	0.12551	1.00000
M	0.81	7.38	4.59	1112	593	+8.94
SD	0.27	2.35	1.83	1153	329	1.66

there is a higher possibility of bauxite deposits on the rim of the dolomite outcrops; these 'transitional' zones are marked with faint colours. Helicopter-borne resistivity mapping is very effective in these zones. Basin-type zones (coloured blue) have a significant (some 10 m) overburden thickness.

On the SW corner of the *magnetic anomaly* (ΔT) map (Fig. 18) two basaltic bodies (1 and 2) were identified, since they have different remanent magnetization, they are the products of different volcanic activities. Less intense anomalies of the eastern part (a, b) were generated by cover-like basaltic layers.

The *thorium map* (Fig. 19) was made to show the superficial bauxites and red clays. Known bauxite deposits and red clay outcrops are connected with thorium highs, although the location and shape of the anomalies may differ. After ground follow-up and geomorphology review the thorium map can be used to detect highly prospective points.

In the following, some maps of image processing results will be presented. Nowadays image processing and multiparametric statistical analysis are generally applied to material testing, medical investigations, interpretation of satellite images, etc. Reviews of applied mathematical methods can be found in various references [e.g. RICHARDS 1986]. The international literature quotes precedents for interpreting ground and aerial geophysical surveys as well, although for other geologic-geophysical models than that investigated in this case. A statistical description of the parameters is summed up in *Table II*.

II. táblázat. Légi geofizikai paraméterek korrelációs vizsgálata.

Halimba kutatási terület

eK — ekvivalens kálium koncentráció (%); eTh — ekvivalens tórium és; eU — urán koncentráció ppm-ben ρ_{3600} — látszólagos fajlagos ellenállás 3600 Hz frekvenciával mérve (Ωm); ρ_{900} — ugyanaz, 900 Hz-en; ΔT — mágneses anomália (nT); M — területi átlag; SD — szórás

Table II. Correlation of airborne geophysical parameters.

Halimba survey area

eK—equivalent potassium concentration in %; eTh—equivalent thorium concentration in %; eU—equivalent uranium concentration in ppm; ρ_{3600} —apparent resistivity observed at 3600 Hz in Ωm ; ρ_{900} —the same at 900 Hz in Ωm ; ΔT —magnetic anomaly in nT; M—areal mean; SD—standard deviation

Табл. II. Исследование корреляции аэрогеофизических параметров участка Халимба

eK— эквивалентное содержание калия (в %-ах); eTh—эквивалентное содержание тория и eU— урана (в ppm); ρ_{3600} — кажущееся удельное сопротивление, измеренное на частоте 3600 гц (в ом-ах); ρ_{900} —то же на частоте 900 гц; ΔT — магнитная аномалия (нТл); M—среднее по участку; SD—дисперсия

A radiometrikus mérésekre kvantitatív kiértékelési eljárás nem lévén, célszerű minél több, az adott területre vonatkozó információ (geológiai térkép, űrfotó, felszíni és laboratóriumi aktivitásmérés stb.) figyelembevételével meghatározni az adott területre és kutatási feladatra jellemző összefüggéseket. Ebben nyújt segítséget a tanító nélküli osztályozási eljárás (cluster analízis).

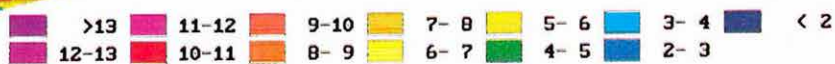
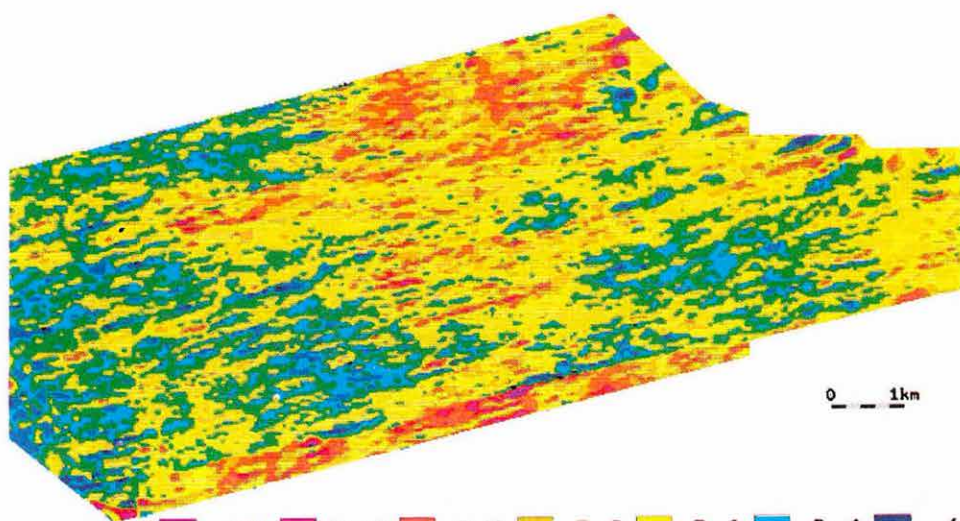
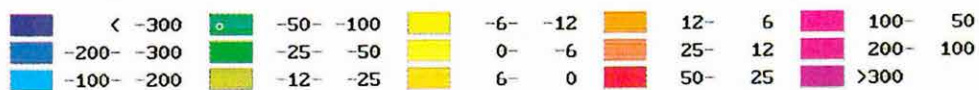
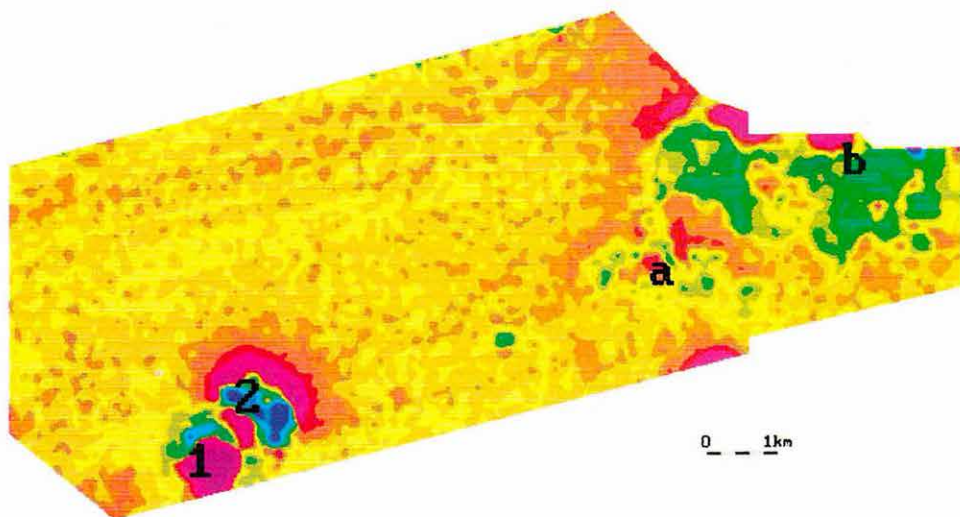
Az osztályozási eljárások lényege az, hogy a mérési pontokat az ott mért paraméterértékek (a ponthoz tartozó sajátosság-vektor) alapján bizonyos csoportokba (osztályokba) soroljuk. A besorolás alapja a szóban forgó sajátosság-vektor hasonlósága valamelyik osztály sajátosság-vektoraihoz, illetőleg különbözősége más osztályokéval. Statisztikailag jól meghatározott osztályok esetében a Bayes-féle döntési módszereket lehet alkalmazni, részlegesen meghatározott esetben "tanítók" segítségével lehet az osztályozást elvégezni. A tanító nélküli osztályozás alkalmazásakor pedig nincs szükség előzetes ismeretekre, sőt az osztályok számát sem kell előre megadni az osztályok automatikus kijelöléséhez.

A halimbai terület K, Th, U osztálytérképének (22. ábra) színezésekor az információs osztályok színeit úgy választottuk meg, hogy hangsúlyozzuk a nyert osztálytérkép hasonlóságát a földtani térképhez (16. ábra). Az egyes paraméterosztályokat a 23. ábra szemlélteti az eU, eTh síkban. E térkép és a geológiai térkép összevetése meggyőzően bizonyítja, hogy a radiometriai mérések kis behatolásuk ellenére is utalnak az anyakőzet típusára.

A radiometrikus adatok eddigi elemzéséből a bemutatott osztálytérkép alapján az alábbiakat állapítottuk meg. Ahol a földolomit kibúvásban vagy szubkibúvásban található, ott a nagy urántartalom jellemző (lila színek az osztálytérképen). Hasonló tapasztalatokat szolgáltattak a korábbi hazai és ausztriai kutatások is. A barna színnel jelölt osztályok, melyeket kis U, Th és K tartalom jellemez, az eocén képződmények felszíni illetve kis mélységbeli elterjedéséhez kapcsolhatók. A pannon bazaltokra nagy kálium, közepes tórium és urán tartalom jellemző (zöld színű osztály). A bauxitra, bauxitos agyagra, vörösayagra a korábbi terepi mérési adatoknak és laboratóriumi elemzéseknek megfelelően nagy tóriumtartalom jellemző. Feltehetően a mezőgazdasági területek kálium műtrágyázásának hatása is közrejátszik abban, hogy a káliumtartalom közepes vagy nagy. Mivel a bauxitos agyagok felszíni kibúvásban a dolomitkibúvásos területeken, illetőleg azok peremén találhatóak, az információs osztályra jellemző nagy urántartalom a földolomithoz köthető. Az osztálytérképen a piros színek nagy területi elterjedése azt jelzi, hogy a bauxitos agyagok a felszínen, ha kis vastagságban is, de nagy területen megtalálhatók. Kijelölhető az a paraméterosztály is (3. számú), amely leginkább kapcsolható az ismert bauxitlencsékhez, felszíni bauxitelőfordulásokhoz.

Sümegei kutatási terület

Hasonló bauxitkutatási célú földtani értelmezést végeztünk a sümegei kutatási területen is. Ezen túlmenően két részterületen a Magyarhoni Földtani Társulat munkacsoportja az ELGI szakembereinek részvételével elvégezte a légigeofizikai, az egyéb távérzékeléses és hagyományos földtani módszerek összehasonlító elemzését. Az



elkészült jelentés kitér a légi geofizikai mérések alkalmazott földtani (környezet-földtani, vízföldtani, nyersanyagkutató) kiértékelésére is.

A légi geofizikai adatok egyik felhasználási területe a környezetvédelem. Az emberi tevékenység környezetet szennyező hatását nagymértékben befolyásolja a felszín földtani felépítése. A víztároló rétegek legjobban ott vannak veszélyeztetve, ahol a felszínen vízáteresztő képződmények vannak. A sümegi kutatási területen ilyen veszélyeztetett zónák a dolomitkibúvásos és a kis (<5 m) fedővastagságú területek, főleg, ha a fedő (nagyellenállású) vastag kavicsréteg vagy porló dolomit.

A légigeofizikai mérési adatok és a többi földtani adat (felszíni földtani térkép, fúrási rétegsorok) alapján ilyen környezet-veszélyeztetettség térképet tudunk készíteni (24. ábra), elsősorban a 3600 Hz-en mért ellenállásadatokból (25. ábra). A szennyeződésekre a legkevésbé érzékenyek azok a zónák, ahol a kis fajlagos ellenállás vastag agyagréteg jelenlétét mutatja. A káliumeloszlás-térkép (26. ábra) alapján feltűntettük azokat a területeket, amelyek a műtrágyázás következtében legerősebben szennyezettek.

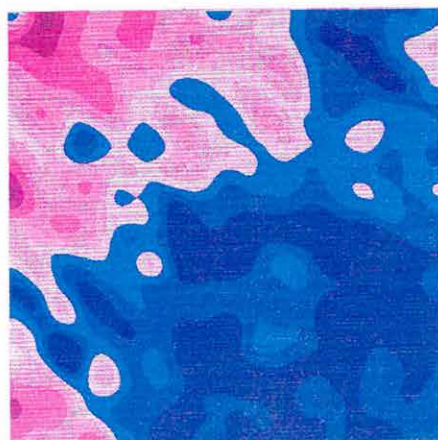
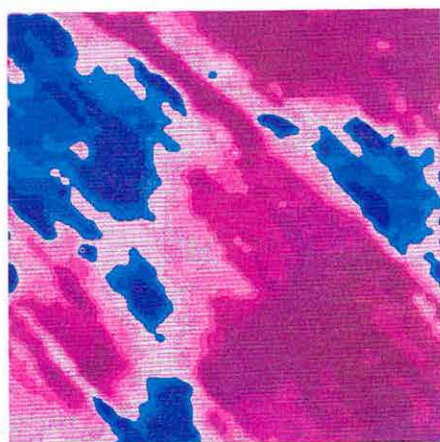
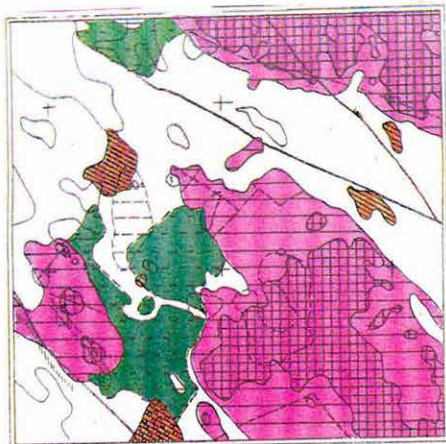
Az EM adatok szelvénymenti távolsága (3–5 m) egy nagyságrenddel kisebb, mint a szelvények átlagos távolsága. Mivel a mérési pontok térbeli eloszlása viszonylag szabálytalan, a kis horizontális kiterjedésű szerkezetek megbízható kimutatása csak a részletes szelvények alapján lehetséges. A szelvénymenti értelmezéskor az egyes paraméterek együttes értelmezése is könnyű.

A példaként bemutatott szelvényen (27. ábra) nemcsak a neogénnel fedett területeket lehet pontosan lehatárolni. A "látszólagos mélység" paraméter segítségével kijelölhető a kréta képződmények elterjedésének határa. A két különböző frekvencián meghatározott ellenállásszelvény alapján a neogén medence tovább bontható pannon és miocén összlettel kitöltött részre. A szelvények ellenállás-minimumai aljzatabemélyedésre ("A", "B", "C") vagy az aljzaton belüli kőzetminőség-változásra utalnak ("α"). Az ellenállás-változások az aljzattmélység és a fedőösszlet minőségének együttes változásával ("I"), vagy kizárólagosan fedőösszletbeli különbségekkel ("1") indokolhatók.

A radiometrikus szelvényeken megfigyelhetők a már ismertetett jellegzetességek, azaz vetőhöz kapcsolódó anomália az eU szelvényen (*), eTh/K anomáliák felhagyott külszíni bányák közelében (**) és műtrágyázással megemelt K szint a mezőgazdasági területeken (***)

Hivatkozások/References

- CSATHÓ B., PRÁCSER E., SEIBERL W., SZILÁGYI I. 1990: Application of airborne measurements for bauxite prospecting in a sedimentary environment in Hungary. Paper presented at the 52nd EAEG Meeting in Copenhagen
- GULYÁS Á., BODROGI M., CSATHÓ B., BÜTTNER GY., CSILLAG G. 1991: Interpretation of airborne geophysical measurements in sedimentary environments by image processing. Paper presented at the 53rd EAEG Meeting in Florence
- RICHARDS J. A. 1986: Remote sensing digital image analysis. An introduction. Springer Verlag, Berlin 281 p.



0 1km

24. ábra. Környezetveszélyeztetettség térkép, Sümeg

1 — $\rho_{3600} > 2000 \Omega\text{m}$; 2 — $\rho_{3600} > 1000 \Omega\text{m}$: karbonátos kőzetek felszínén vagy felszínközéiben, szennyeződésveszély; 3 — $\rho_{3600} < 40 \Omega\text{m}$: agyagos, vízzáró kőzetek a felszínén; 4 — $H_a > 0 \Omega\text{m}$ és $\rho_{3600} < 40 \Omega\text{m}$: agyagos összlet kavicsos fedő alatt; 5 — $\rho_{3600} = 40 \dots 1000 \Omega\text{m}$, márgás képződmények felszínközéiben; 6 — relatív K feldúsulás, műtrágya-szennyeződés

Fig. 24. Environmental risk map, Sümeg area.

1 — $\rho_{3600} > 2000 \Omega\text{m}$; 2 — $\rho_{3600} > 1000 \Omega\text{m}$: dolomite on (or near to) the surface, high pollution risk; 3 — $\rho_{3600} < 40 \Omega\text{m}$: clayey, impermeable rocks near-surface; 4 — $H_a > 0 \Omega\text{m}$ and $\rho_{3600} < 40 \Omega\text{m}$: clay layer below gravel overburden; 5 — $\rho_{3600} = 40 \dots 1000 \Omega\text{m}$, near-surface marly deposits; 6 — relative K abundance, fertilizer pollution

pus. 24. Карта опасности загрязнения окружающей среды, г. Шюмег

1— удельное сопротивление при 3600 гц больше 2000 ом; 2—удельное сопротивление при 3600 гц больше 1000 ом: карбонатные породы на поверхности или в приповерхностной зоне, опасность на загрязнение; 3—удельное сопротивление при 3600 гц меньше 40 ом : глинистые водоупоры на поверхности; 4— H_a больше 0, сопротивление меньше 40 ом : глинистая толща под галечником; 5— сопротивление между 40 ом и 1000 ом : мергели в приповерхностной зоне; 6— относительное обогащение калием, загрязнение минеральными удобрениями

25. ábra. Látszólagos fajlagos ellenállás, 3600 Hz frekvenciával mérve. Sümegi kutatási terület. Értékek Ωm -ben, pszeudologaritmikus skálázás

Fig. 25. Apparent resistivity map observed at 3600 Hz. Sümeg survey area. Values in Ωm , pseudologarithmic scale

pus. 25. Кажущееся сопротивление, измеренное на частоте 3600 гц на участке Шюмег. Значения в омметрах, псевдологарифмическая шкала

26. ábra. Káliumeloszlás-térkép, sümegi kutatási terület. Ekvivalens kálium koncentrációk százalékban

Fig. 26. Potassium map, Sümeg survey area. Equivalent potassium (eK) concentrations in %

pus. 26. Карта содержания калия участка Шюмег. Эквивалентные содержания калия в процентах

3, can, above all, be connected with the known bauxite deposits and near-surface bauxite occurrences.

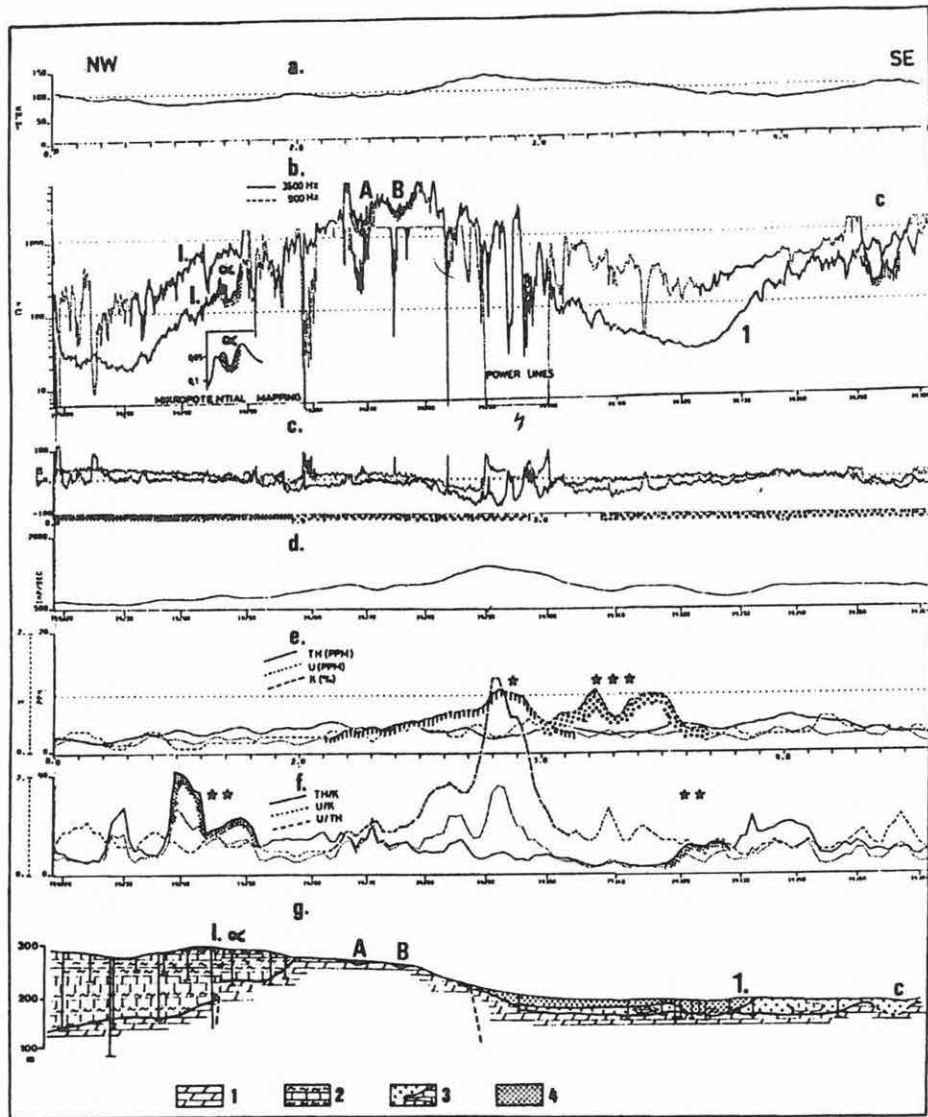
Sümeg survey area

A similar bauxite-geologic evaluation of the airborne geophysical data was performed on the Sümeg area. In addition, on two parts of this area, an ad-hoc committee of the Hungarian Geological Society (together with ELGI specialists) made a comparative analysis of the results of airborne geophysical survey, remote sensing and traditional geology results. The report also evaluates the airborne data for applied geological use (environmental protection, hidrogeology, mineral prospecting).

One of the application areas of airborne geophysical data is environmental protection. The surface geology considerably influences the consequences of pollution. Aquifers are most endangered where permeable rocks are just on the surface. In the Sümeg survey area these endangered zones are the dolomite outcrops and dolomite zones covered by a thin (<5 m) overburden, especially if the overburden is highly resistive gravel or powdered dolomite.

An environmental risk map could be constructed (*Fig. 24*) from the airborne geophysical measurement, other geological data (geological map and borehole logs), and mainly resistivity data measured at 3600 Hz (*Fig. 25*). The pollution sensitivity is lower in zones of low apparent resistivity, reflecting thick clay overburdens. Based on potassium distribution (*Fig. 26*), the most polluted areas of chemical fertilization can be delineated.

The sampling distance of the EM profiling along a line (3–5 m) is one order smaller than the average flight line distance. Because of the irregular network distribution, correct detection of small objects is possible only by means of the (detailed) profiles. Integrated (multiparameter) interpretation can easily be carried out along the profiles. On the profile, presented as an example (*Fig. 27*) not only the zones covered by Neogene overburden can be delineated but, using the 'apparent depth' value — calculated from the EM observations — the boundary of the Cretaceous compound can also be pointed out. Based on the resistivity profiles observed at different frequencies, the Neogene basin can be divided into Pannonian and Miocene parts. Relative resistivity lows on the profiles refer to basement depressions ('A', 'B' and 'C') or to more conductive rocks inside the basement (' α '). Resistivity anomalies can be explained by joint alteration of basement depth and overburden resistivity ('I') or by sole overburden differences ('1'). Along the spectrometric profiles the same characteristic variations can be observed: an anomaly connected with the fault on the eU profile (*), eTh/K highs around abandoned bauxite pits, and (in cultivated areas) a higher K level as a result of chemical fertilizers (***)





27. ábra. Légi geofizikai szelvény (feldolgozás és kiértékelés), sümegi kutatási terület

a — repülési magasság; b — látszólagos fajlagos ellenállások; c — számított látszólagos mélység; d — totális radioaktivitás; e — számított spektrometriai elemkoncentrációk; f — elemkoncentráció-hányadosok; g — földtanilag értelmezett szelvény



Fig. 27. Airborne geophysical profile (data processing and interpretation). Sümeg survey area

a — altimeter; b — apparent resistivities; c — calculated apparent depths; d — total gamma-ray activity; e — equivalent concentrations from gamma-ray spectrometry; f — radioelement ratios; g — geologically interpreted cross-section



рис.27. Аэрогеофизический профиль (обработка и интерпретация) через участок Шюмег

a— высота полета; b— кажущееся удельное сопротивление; c— вычисленная кажущаяся глубина; d— полная радиоактивность; e— расчетное спектрметрическое содержание элементов; f—отношения содержаний элементов; g— интерпретированный геологический разрез; 1—доломиты триасого возраста; 2—мергели и известняки верхнемелового возраста; 3—образования миоценового возраста; 4—образования паннонского возраста

1. 4 GEOFIZIKAI MÉRÉSEK A KÖRNYEZETVÉDELEM CÉLJAIRA

Fejes Imre, Magyar Balázs, Schönviszky László

Az elmúlt években hazánkban is teret hódított a fejlett országokban már széleskörűen elterjedt és általában kötelezően alkalmazott környezetvédelmi gondolkodásmód. Ez a szemlélet az emberiség kötelezően megoldandó feladatának tartja a természeti környezet értékeinek megvédését (ez a természetvédelem) és az emberi tevékenység szükségképpen környezet-károsító hatásának minimalizálását (ez a környezetvédelem). Mivel mind a természetes, mind a mesterséges környezetünk fenntartásában, illetve kialakításában meghatározó tényező a környezetföldtani jelleg, ezért a környezet- és természetvédelemben jelentős (és növekvő) szerepet kell kapjon a geofizikai kutatás, hiszen a felszín alatti állapot gazdaságos, gyors és főleg objektív módon történő megismerése elsősorban geofizikai vizsgálatokkal lehetséges.

A környezetvédelmi célú vizsgálatok geofizikai mérőeszközei a mérnökgeofizikai és a kismélységű vízkutató módszerekből logikusan fejlődtek ki. Ilyen mérésekre az elmúlt évtizedekben az Évi Jelentésben már sok példát mutattunk be. A környezetért felelősséget érző gondolkodásmód nemcsak új piacot jelentett a geofizikai mérések számára, hanem egyben kihívást is a geofizikai módszerfejlesztésnek. Olyan eljárásokat és műszereket kell alkalmaznunk, amelyek egyrészt gazdaságosabbak és gyorsabbak, mint eddigi eljárásaink, másrészt speciális paramétereket tudnak mérni (pl. vízáteresztőképesség, szénhidrogén-tartalom). 1990-ben költségvetési támogatással többéves módszerfejlesztő tevékenységbe kezdtünk, amelynek eredményei már 1991-ben láthatóak lesznek. A következőkben az elmúlt évek eredményeiből mutatunk be néhány példát.

1. 4. 1 Veszélyeshulladék-lerakó telepek vizsgálata

1989-ben a Környezetvédelmi Minisztérium felkérte a Központi Földtani Hivatalt, hogy a földtani kutatási eredmények alapján tegyen új javaslatokat az Országos Veszélyeshulladék-lerakó Telepek hálózatának kijelöléséhez. A hulla-

1. 4 GEOPHYSICAL SURVEY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

Imre Fejes, Balázs Magyar, László Schönviszky

In recent years, particularly in the developed countries but in Hungary, too, people have become much more conscious of the need to consider environmental protection. Man is very much more aware of his obligation to protect the values of the natural environment (protection of nature) and to minimize the necessarily environmentally damaging effects of human activity (this is environmental protection). The geological character of the environment is a factor of primary importance in the forming and the preservation of both the natural and the artificial environment. In view of this geophysical research should get a considerable (and increasing) role in protecting nature and in environmental protection, because the subsurface condition can economically, quickly and objectively be investigated first of all by geophysical measurements.

Geophysical equipment for environmental protection examinations has logically developed from engineering geophysical and shallow water prospecting methods. In the last decades similar investigations have many times been illustrated in ELGI's Annual Reports. The recognition of the need for a sense of responsibility concerning the environment is not only a new market for geophysical research but at the same time a challenge in the designing of geophysical instruments. Methods and equipment that are more economical and quicker than the procedures utilized till now on the one hand and that are able to measure special parameters on the other hand (e.g. water transmissibility, hydrocarbon content, etc) should be applied. In 1990 a long-term methodological development started with budgetary support; the results of this development already appeared in 1991. In the following, several examples from the results of recent years will be illustrated.

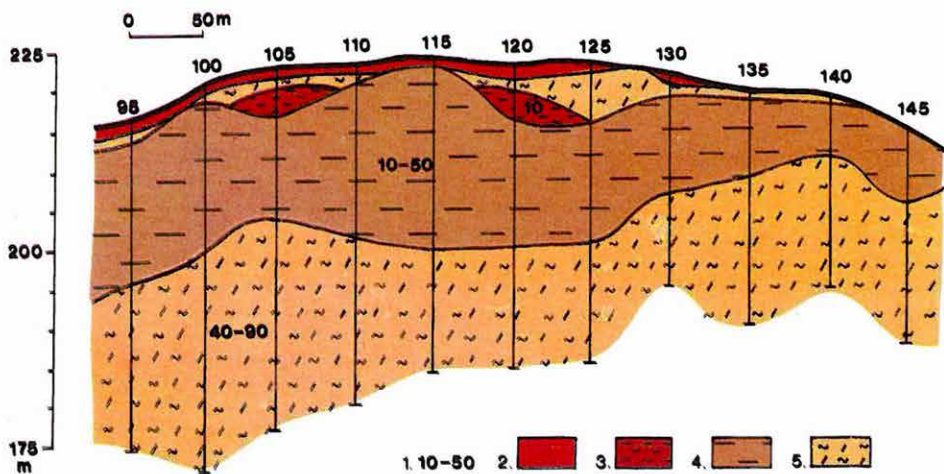
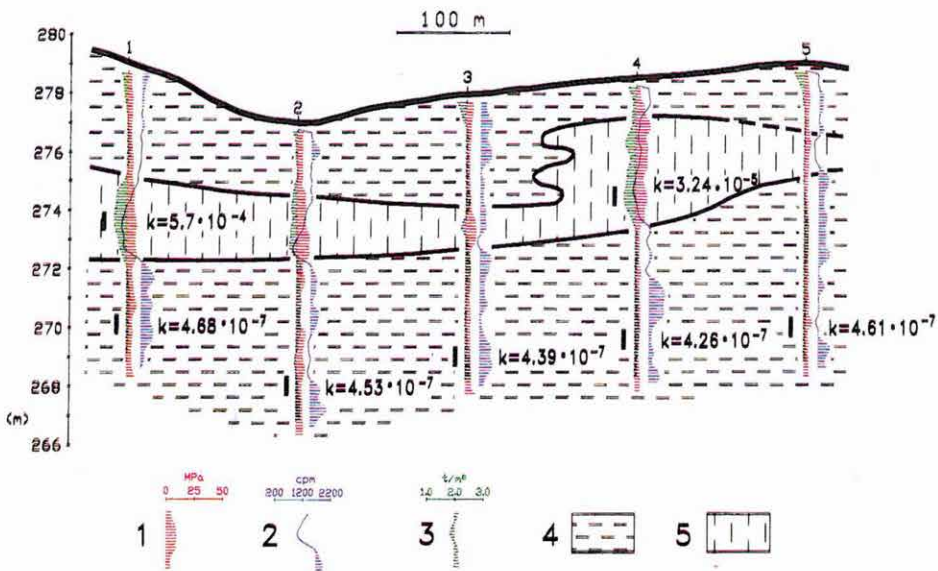
dékok biztonságos elhelyezése szempontjából meghatározó jelentősége van a felszínközeli képződmények vízvezető képességének, mert igen fontos, hogy a hulladék-lerakókból ne juthasson szennyezőanyag a talajvízbe.

A felszíni geológiai térképezés ilyen információt nem tud szolgáltatni. A kismélységű fúrások egyrészt drágák, másrészt a szivárgási tényező "in-situ" meghatározását nem teszik lehetővé. A *mérnökgeofizikai szondázással* a rétegek vízvezetőképesége közvetlenül (eredeti települési viszonyok között) meghatározható (Khafagi-féle szivárogtatási eljárás a mérnökgeofizikai szondázás csőrakatain keresztül a kívánt mélységben). A hulladék-lerakó telepek tervezett helyein ezért 1990-ben mérnökgeofizikai szondázások sorozatát végeztük egyrészt a földtani felépítés meghatározására, másrészt a szondázásokkal talált vízzáró rétegekben a szivárgási tényező (k) mérésére.

A szondázás során mért természetes gamma-aktivitás és a vízvezetőképeség között szoros, bár nem országos érvényű összefüggés áll fenn. Növekvő természetes aktivitással szinte mindenütt a csökkenő vízvezetőképeség jár együtt. A felszínközeli laza szerkezetű üledékes képződmények természetes gamma-aktivitása — ha más sugárzó anyag, pl. radioaktív hulladék nincs jelen — alapvetően a kálium 40-es izotópjától származik. Mivel ez számottevő mennyiségben az illitben — ebben a fontos agyagásványban — fordul elő, ez a fizikai paraméter jó közelítéssel agyagtartalomnak is értelmezhető. A magas agyagtartalmú képződmények pedig általában rossz vízvezetők. Az összefüggés "jóságát" tehát a mérési pontosságot befolyásoló tényezőkön kívül az ásványi összetétel is befolyásolja. Pontosabban az, hogy az adott területen az adott képződmény agyagásványai között milyen arányban fordul elő az illit. Ha tehát a harántolt mélységtartományban a " k " tényezőt egy vagy több helyen ténylegesen meghatározzuk, akkor az aktivitási görbe alapján a hasonló, a jobb, vagy a rosszabb vízvezető-képességű szakaszok biztonsággal kijelölhetők. Mindezeket a Beret mellett (Zemplén megye) végzett mérések adatai szemléltetik a legjobban. (28. ábra)

A hulladékelhelyezés szempontjából kedvező adottságú területen a felszínközeli pannóniai képződmények a várakozással ellentétben nem kellően vízzárók. A szondázással egyidőben végzett " k " mérések (egységesen 9 m-es mélységben) ugyan 10^{-7} cm/s nagyságrendű értéket adtak, de a természetes aktivitás csökkenése minden ponton egy homoklisztes közbetelepülést jelez. Utóbb az ebben a képződményben végzett két vizsgálat a következtetést igazolta. Mivel az egyik ponton ez a képződmény közel 1 m-re megközelíti a terepfelszínt, a szakvéleményben a részterületet földtani szempontból kedvezőtlennek, így veszélyeshulladék-lerakó telep létesítéséhez alkalmatlannak minősítettük.

Egy veszélyeshulladék-lerakó telep helyszínének kiválasztásához az áttekinthető jellegű felszíni geofizikai mérések (például: vertikális elektromos szondázások) és a részletező jellegű mérnökgeofizikai szondázások együttes alkalmazására van szükség. Erre példaként a Vál és Vértesacsa térségében (Fejér megye) végzett méréseinket mutatjuk be. Első lépésben vertikális elektromos szondázásokkal olyan területeket kerestünk, ahol a felszínközeli nagy (>10 m) vastagságú, feltételezhetően vízzáró agyagréteg van. Az 5,5 kilométernyi szelvényből kb. 2 km hosszúságú szakaszon találtunk ilyen agyagréteget (29. ábra). Ezután mér-



28. *ábra.* Veszélyes hulladékok tárolására Beret község (Borsod-Abaúj-Zemplén megye) mellett kiszemelt terület felderítő geofizikai-földtani szelvénye. MGSz mérések

1 — csúcscellenállás; 2 — természetes gamma-aktivitás (az agyaghatár feletti aktivitás sraffozva)
3 — térfogatsúly; 4 — vízzáró agyagos képződmények; 5 — kevésbé vízzáró kőzetlisztes képződmények. A vízvezetőképesség (k) dimenziója: cm/sec

Fig. 28. Reconnaissance survey to select locality for disposal of hazardous waste around Beret, Borsod county. Data from penetration (engineering geophysical sounding)

1 — cone resistance; 2 — natural gamma-activity (values above 'clay limit' marked); 3 — bulk density; 4 — impermeable clayey complex; 5 — partly impermeable silty complex. Dimension of filtration coefficient (k): cm/s

pic. 28. Geologo-geofizический профиль через участок, отмеченный для хранения опасных отходов (окрестность с. Берет, обл. Боршод-Абауй-Земплен). Инженерно-геофизические зондирования

1— сопротивление на острие; 2— естественная гамма-активность (заштрихованы интервалы с активностью выше границы глины); 3— объемный вес; 4— водоупорные глинистые образования; 5— менее водоупорные илистые образования. Измерение водопроницаемости (k) : см/сек

29. *ábra.* Geoelektromos szelvényrészlet a Vál és Vértesacsa (Fejér megye) térségében tervezett veszélyeshulladék lerakótelep helyén

1 — jellemző fajlagos ellenállás (Ωm); 2 — agyagos talaj; 3 — kővér agyag; 4 — agyag, meszes betelepülésekkel; 5 — meszes agyag, agyagos homok.

Fig. 29. Investigation of a planned hazardous waste disposal site near Vál/Vértesacsa (Fejér county). Part of geoelectric cross-section, data from VES².

1 — characteristic resistivity (Ωm); 2 — clayey soil cover; 3 — fat clay; 4 — clay with calciferous interbeddings; 5 — chalky clay, clayey sand

pic. 29. Геоэлектрический профиль через запланированный участок размещения опасных отходов в окрестности сс. Вал и Вертешача

1— характерное удельное сопротивление (омм); 2— глинистая почва; 3— жирные глины; 4— глины с известковыми линзами; 5— известковые глины, глинистые пески

1. 4. 1 Investigation of dangerous waste deposits

In 1989 the Ministry for Environmental Protection and Water Management invited the Central Office of Geology to make new proposals based on geological research results in order to indicate sites for the National Network of Dangerous Waste Deposits. From the viewpoint of safe waste depositing the permeability of near-surface formations has a determining importance: contamination should not be able to get from the waste deposits into the groundwater.

Information of this kind cannot be obtained from geological mapping: shallow-depth drillings are expensive, and they cannot be used to determine the filtration coefficient in situ. However, the permeability of the layers can directly (with the original settlement conditions) be determined by *engineering geophysical sounding*. This is done by measuring the time necessary for a known amount of water to flow out of a tank into the layer at the wanted depth through a filtration probe (Khafagi procedure). In view of this in 1990 a series of engineering geophysical soundings was carried out at the planned waste deposit sites in order to determine the geological structure and to measure the filtration coefficient (' k ') within the impermeable layers found by the soundings.

There is a close though not general relationship between the permeability and the natural gamma activity. With increasing natural gamma activity the permeability decreases nearly everywhere. If there is no other radiating material, e.g. radioactive waste, the natural gamma activity of the near-surface loose sediments originates mainly from the isotope potassium-40. A considerable quantity of this occurs in the important clay mineral illite. Therefore this physical parameter can be interpreted — with good approximation — as clay content. Formations of high clay content usually have low permeability. The validity of the relation is influenced — besides factors affecting the measuring accuracy — by the mineral composition, too. More precisely, it is influenced by the occurrence of the illite among the clay minerals of the given formation at the given site. So, if coefficient ' k ' is determined at several places within the penetrated depth range, sections of similar, higher or lower water permeability can correctly be marked on the basis of the activity log. All of this will be illustrated by the data of a survey carried out near Beret (a village in Zemplén county) (Fig. 28).

In the area thought to be favourable for depositing waste the near-surface Pannonian formations are less impermeable than was expected. The ' k '-measurement carried out at a common depth of 9 m simultaneously to the soundings gave values of the order of 10^{-7} cm/s, but the natural gamma activity decreases at each point which indicates a sandy interbedding. Two investigations carried out later in this formation supported the conclusion. At one of the measuring points this permeable formation comes to 1 m below to the surface, so this area has been qualified unfavourable from the geological point of view and unfit for depositing dangerous waste.

In order to select sites for depositing dangerous waste, ground geophysical surveys of reconnaissance character (e.g. vertical electrical soundings) and engi-

nökgeofizikai szondázásokat telepítettünk, amelyekkel meghatároztuk a szivárgási tényezők értékeit is. Szerencsés módon a felszínközeli (tehát a keresett agyagréteget fedő) rétegek is vízzárónak bizonyultak, mert a feltárt, jól rétegzett kőzetlisztes-homokos összlet jólcementált, nagy karbonáttartalmú. Ily módon a méréseinkkel optimális helyet találtunk veszélyes hulladék tárolására.

1. 4. 2 Hulladéklerakók vizsgálata

A környezetvédelem egyik célja annak megakadályozása, hogy az emberi tevékenység által termelt hulladékokból kiáramló káros anyagok szétterjednek. Az előző fejezetben arra adtunk példákat, hogy hogyan kell kiválasztani a hulladéklerakók helyét, hogy a környezeti veszélyeket minimalizáljuk. Más a helyzet a már (gondatlanul, szakszerűtlenül vagy felelőtlenül) lerakott szemét és hulladéktömegekkel. Sok esetben (a nyomokat eltüntetendő) a szemételepet földdel betakarták, de ezzel a veszély nem szűnt meg: a szennyezés lehetősége időzített bombaként lapul a földben.

A geofizikai módszerek segítségével az ilyen "illegális" vagy "vad" lerakók detektálhatók. A mesterséges feltöltés fajlagos ellenállása általában jelentősen eltér a környezetétől, és a vegyes összetétel következtében széles határok között ingadozik. A "bolygatottság" radarmérésekkel, vagy igen érzékeny mágneses mérésekkel is kimutatható. Ha a szemét vagy hulladék elegendő mennyiségű mágnesezhető anyagot is tartalmazott, a szemételep magnetométeres felméréssel detektálható.

Ilyen méréseket végeztünk Kunszentmiklós körzetében. Felmerült a gyanú, hogy egy 2 m mélységű, általában szennyvíz tárolására használt tóba veszélyes anyagokat is tartalmazó vashordókat süllyesztettek el. Egy műanyag csónakba szerelt magnetométerrel feltérképeztük a tó felszínén a mágneses teret (30. ábra). A tó nagy része anomáliamentesnek bizonyult, de az ÉK-i sarkában kirajzolódó anomália a tó fenekén levő vashordók jelenlétére utal.

Jelenlegi hulladéklerakó helyeink nagy részére az előző fejezetben leírt megfontolások nem vonatkoznak. A kérdés most már nem az, hogy hová kellene tenni a szemetet, hanem az, hogy ahová mások tették, mennyire veszélyezteti környezetünket. A 31. ábrán bemutatott példánkon Szada község közelében (Pest m.) egy felhagyott homokbánya vált illegális szemételeppé. A helyi illetékesek terepegyengetéssel (a szemét betakarásával) és tiltó táblák kihelyezésével megoldottnak vélték a problémát. A hatósági közbelépést a néhány kilométerre lévő vízműtelep védelme indokolta. *Horizontális ellenállás-szelvényezéssel* a már eltemetett hulladék mennyiségét lehetett megbízhatóan megbecsülni és elterjedését lehatárolni. A *mérnökgeofizikai szondázások alapján* a harántolt 25–30 méteres mélységtartomány két részre különült: egy felső, zömmel homokból és kőzetlisztből álló kevésbé jó vízvezető összletre, és egy alsó, agyagos-kőzetlisztes kifejlődésű vízzáró, félig vízzáró összletre. A rétegek finomszerkezete azt mutatja, hogy

neering geophysical soundings of detailing character should be applied together. This will be illustrated by our survey carried out in the Vál-Vértesacsza area (Fejér county). At first sites were sought by vertical electrical soundings where there is a thick (>10 m) presumably impermeable clay layer near to the surface. Such a clay layer was found in a 2 km section of the 5.5 km long line (Fig. 29). Then engineering geophysical soundings were carried out and the filtration coefficient values were determined. Fortunately, the near-surface layers (which cover the sought clay layer) proved to be impermeable too, because the crossed and well-layered silty-sandy sequence is cemented, its carbonate content is high. So the survey resulted in finding an optimum site for depositing dangerous waste.

1. 4. 2 Investigation of waste deposits

One of the purposes of environmental protection is to prevent the spread of harmful materials originating from waste produced as a result of human activity. In the previous section examples were shown how to select sites for waste deposits so that environmental hazards are minimized. There is another situation if the waste and rubbish have already been deposited (neglectfully, inefficiently or irresponsibly). In order to obliterate the traces, in a lot of cases the waste deposits have been covered with soil, but this does not mean that the danger has disappeared: the possibility of contamination lurks in the ground like a time-bomb.

Geophysical methods are able to detect such 'illegal' deposits. The specific resistivity of a site that has been filled artificially generally differs considerably from that of its surroundings and fluctuates within wide limits depending on variable composition. The 'disturbed' (artificial) state can be detected by georadar (GPR) or very sensitive magnetic measurements as well. If the waste or refuse contains magnetizable material in sufficient quantity, the waste deposit can be detected by magnetometry.

Such a survey was carried out near Kunszentmiklós (Pest county). The suspicion arose that iron barrels containing dangerous materials were sunk in a 2 m deep pond used for storing waste water. The magnetic field at the surface of the pond was mapped with a magnetometer mounted on a plastic boat (Fig. 30). The biggest part of the pond showed no anomaly, but an anomaly found in the NE corner indicated the iron barrels on the bottom of the pond.

The considerations of the previous section do not refer to a large part of our present waste deposit sites. The question is not where to put the refuse, but how dangerous it is to our environment at the place where it was deposited by other people. In our example shown in Fig. 31, a disused sand pit near Szada (Pest county) has become an illegal dump for waste. The local authorities thought to solve the problem by levelling the ground (by covering the waste) and posting prohibitive official signs. Interference in this local matter was motivated by protecting the waterworks a few kilometres away. The quantity of the buried waste can

30. ábra. Mágneses térkép egy Kunszentmiklós környéki szennyvíztároló tó felszínéről (a ΔT értékek alapszintje: 47600 nT).

Az anomáliák értelmezése: 1 — vastárgyakat tartalmazó szemét; 2 — fémhordók



Fig. 30. Magnetic map, observed on a waste water pond near Kunszentmiklós (Bács-Kiskun county).

Reference ΔT level: 47600 nT.

Interpretation of the anomalies: 1 — rubbish containing iron objects; 2 — iron barrels



рис. 30. Карта магнитных аномалий над хранилищем загрязненных вод в окрестности Кунсентмиклоц (уровень сведения 47600 нТл).

Интерпретация аномалий: 1—мусор с железными предметами; 2—бочки из металла



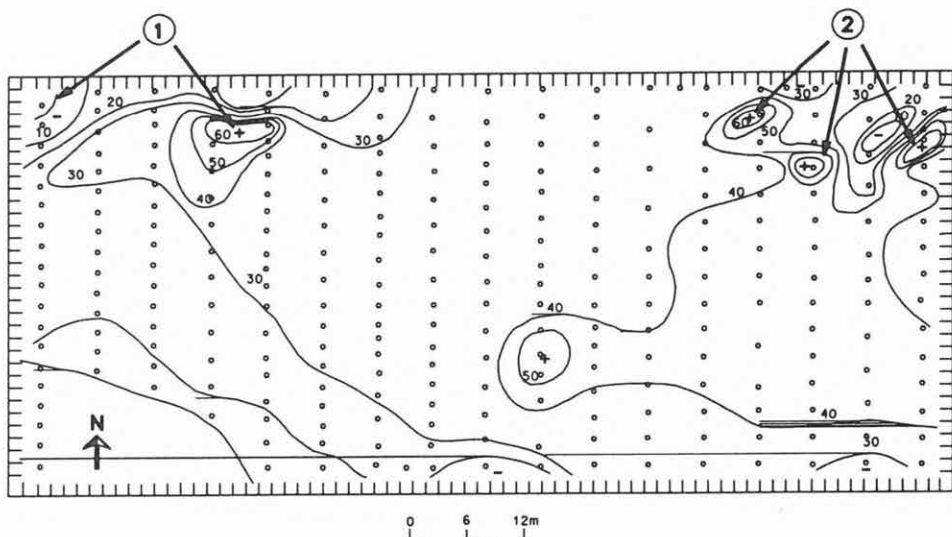
a vízvezető szakaszok is tartalmazhatnak vékony vízzáró rétegeket, ahogy a vízzáró szakaszokban is lehetnek vékony vízvezető betelepülések. A vertikális elektromos szondázások görbéinek interpretációja a zömmel vízzáró képződményekből álló alsó összlet 100 m-nél nagyobb vastagságát bizonyítják. A filteres szondák segítségével 10 m körüli mélységből vett vízminták laborvizsgálatára egészségre veszélyes mértékű bakteriológiai és vegyi szennyeződést jelzett.

A geofizikai mérések és a laboranalízis eredményei tehát egy visszavonhatatlanul bekövetkezett szennyeződést jeleznek, amely a mélység felé csak nagyon lassan, horizontális irányban viszont, ha nem is gyorsan, de számottevő sebességgel fog terjedni. A vándorlás várható iránya a vízzáró összlet felszínének lejtésiránya. Az csak véletlen, hogy a korábban említett vízmű éppen ellenkező irányban van.

1. 4. 3 Környezeti károk feltárása — olajszenyezés

A geofizikai vizsgálatok nemcsak a környezeti károk megelőzéséhez tudnak hozzájárulni, hanem a már bekövetkezett károk elhárítását is segíthetik. A környezeti károsodások egyik leggyakoribb formája a szénhidrogén-szenyeződés. A kőolaj származékai a talajvíz hátán szállítódva lassan, de alattomosan beszenyezhetik a kutakat és a vízmű-létesítményeket.

A mérnökgeofizikai szondázásokkal a talaj szénhidrogén-szenyezettsége mint nagy hidrogéntartalmú közet-alkotórész közvetlenül is kimutatható, de be rendezéseink zavartalan talajminták azonnali kiemelését is lehetővé teszik, így a szenyezettség mértéke laborvizsgálatokkal pontosítható. Földtani radarmérésekkel remény van a szénhidrogén-szint felszínről történő közvetlen detektálására is. A környezeti károk minimalizálásához azonban a közvetett geofizikai eredmények is segítséget nyújtanak: a hidrológiai-hidogeológiai állapotfelméréssel, a talajvíz



reliably be estimated and its extent can be determined by *horizontal resistivity profiling*. The penetrated depth interval of 25–30 m was divided into two sections on the basis of *engineering geophysical sounding data*. The upper part consists mainly of poorly permeable sand and silt; the lower one consists of clayey silt and is impermeable — semi-impermeable. The fine structure of the layers shows that the permeable sections may contain thin impermeable layers as thin permeable interbeddings may occur in impermeable sequences. The interpretation of *vertical electrical soundings* proves that the lower sequence consisting mainly of impermeable formations is thicker than 100 m. Laboratory examination of water samples taken from a depth of about 10 m by filter probe showed bacteriologic and chemical contamination dangerous to health.

The results of the geophysical survey and of the laboratory analysis indicate that contamination is inevitable. It will spread downwards very slowly, but horizontally it will spread — even if not quickly — with considerable speed. The expected migration direction is the slope of the surface of the impermeable sequence. It is only by chance that the waterworks mentioned above is in the opposite direction.

1. 4. 3 Revelation of environmental damage — contamination by oil

Geophysical research may contribute not only to preventing the environmental damage but it may help to avoid damage that has already occurred. One of the most frequent forms of environmental damage is contamination by hydrocarbon.

31. ábra. Geofizikai-földtani szelvény Szada község (Pest megye) felhagyott homokbányájában

1 — vízzáró agyagos képződmények; 2 — kevésbé vízzáró agyagos, kőzetlisztes képződmények; 3 — rossz vízvezető képződmények; 4 — jó vízvezető képződmények; 5 — illegálisan lerakott vegyes hulladék; 6 — a talajvízmozgás iránya; 7 — a hulladékból kiszivárgó oldatok iránya

Fig. 31. Geophysical-geological cross-section crossing an abandoned sandpit used for illegal waste disposal. Szada (Pest county)

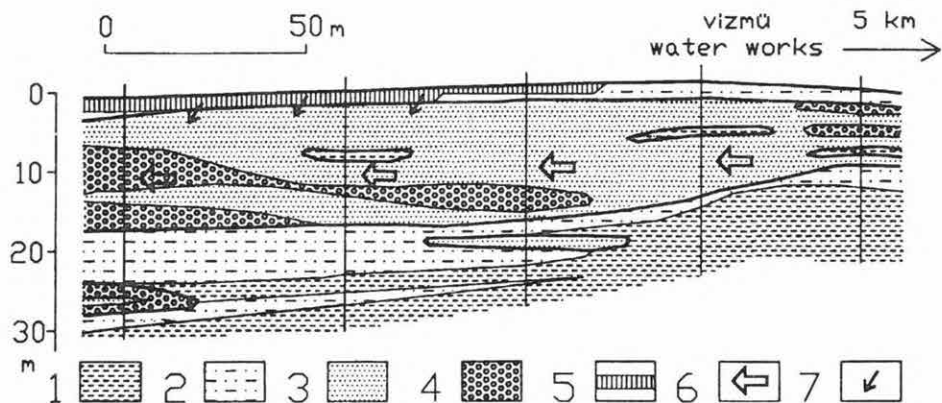
1 — impermeable clay complex; 2 — partly impermeable clayey-silty complex; 3 — slightly permeable complex; 4 — permeable complex; 5 — illegally dumped mixed waste; 6 — direction of groundwater flow; 7 — filtration direction of solutions leaching from waste deposit

рис. 31. Геолого-геофизический профиль через заброшенный карьер для добычи песков (с.Сада, обл.Пешт)

1— глинистые водоупоры; 2— менее водоупорные илестые образования; 3— слабые водопроды; 4— хорошие водопроды; 5— нелегально размещенные опасные отходы; 6— направление движения почвы; 7— направление движения растворов, высывающихся из отходов

mozgási irányának és sebességének ismeretével a védekezés megalapozható és megszervezhető.

A péceli vasútállomáson 1988-ban történt vasúti baleset a földtani felépítésre vonatkozó ismeretek fontosságát bizonyítja (32. ábra). A baleset következtében mintegy 50 t könnyű gázolaj ömlött a pálya mellé, amelynek nagy része a talajba szivárgott. A mindössze 150 m távolságban lévő vízműkutak jelenléte azonnali beavatkozást sürgetett. Földtani vizsgálatok nélkül került sor három figyelőkút lemélyítésére, és a töltés mentén 28 gázolajkinyerő kút telepítésére. Miután a figyelőkutakban több hónap elteltével sem jelent meg a szennyeződés és a felfogó kútsor is kis hatékonysággal működött, az illetékesek utóbb mégis szükségesnek látták a földtani-geofizikai feltárásokat. *Mérnökgeofizikai szondázásokkal* a vegyes felépítésű, laza üledékes összlet vízvezetőképességének kis periódusú helyi változásait ismertük meg és két ponton az *ekvipotenciális vonalak módszerével* a talajvíz mozgásának tényleges irányát határoztuk meg. Ez utóbbi a vízmű-létesítmények irányára nagyjából éppen merőleges volt. A geofizikai mérési eredmények alapján a felfogó kútsor meghosszabbítását javasoltuk. A javaslat nyomán telepített 4 kút a teljes visszanyert gázolaj 63%-át szolgáltatja.



Derivatives of oil that are transported on the surface of groundwater contaminate the wells and waterworks slowly but insidiously.

Hydrocarbon contamination of the soil as a rock element of high hydrogen content can directly be detected by engineering geophysical soundings. Our equipment enables us to take undisturbed soil samples so the degree of contamination can be made more accurate by laboratory measurements. Direct detection of hydrocarbon level can be expected from georadar (GPR) investigations. Indirect geophysical results may also help in minimizing environmental damage: protection against such damage can better be established and organized if the hydrologic-hydrogeologic status, and the direction and speed of groundwater movements are known.

The railway accident at Pécel railway station in 1988 proves the importance of information about the geological structure (Fig. 32). As a consequence of the accident, about 50 tons of light diesel oil flowed out close to the railway line and the major part of this infiltrated into the soil. There were water wells only 150 m away so prompt intervention was necessary. Three observation wells and — along the railway substructure — 28 wells for retrieving the diesel oil were drilled without geologic examination. No contamination had appeared in the observation wells after several months and the retrieving wells were operating with low efficiency, so later the authorities deemed geologic-geophysical research to be necessary. Small period local changes of the permeability of loose mixed build-up sediments were recognized by *engineering geophysical soundings*. At two points the actual direction of the groundwater movement was determined by *the method of equipotential lines*. This direction is about perpendicular to the line of the water wells. On the basis of geophysical results, it was suggested that the row of retrieving wells should be elongated. Four new wells that were drilled in accordance with this suggestion have so far led to the retrieval of 63% of diesel oil.



1.



2.



3.



4.



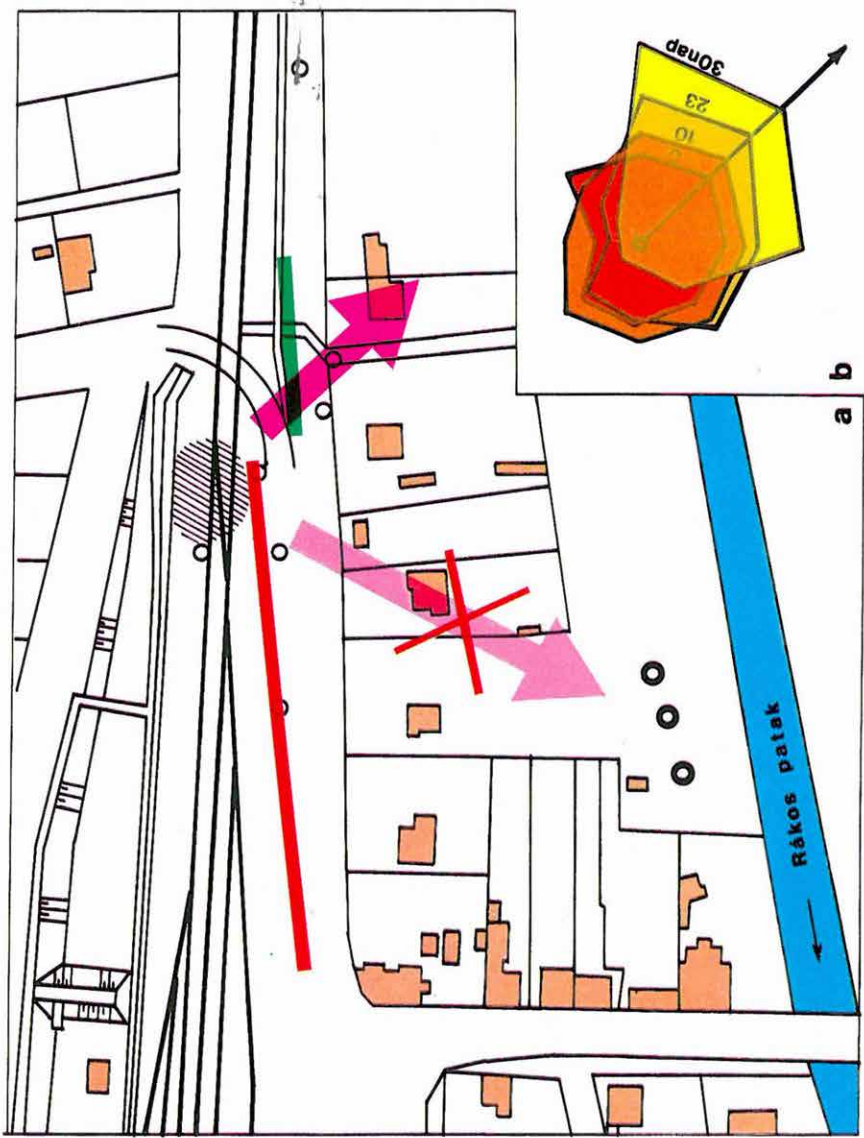
5.



6.



7.



32. ábra. A péceli vasútállomáson történt olajszennyeződés helyszínrajza (a) és a talajvíz áramlási irányának meghatározása ekvipotenciális módszerrel (b)

1 — a baleset helye; 2 — termelő vízműutak; 3 — mérnökgeofizikai szondázás helye; 4 — a geofizikai vizsgálatok előtt telepített kútsor az olaj felfogására; 5 — a kútsor meghosszabbítása a geofizikai eredmények alapján; 6 — szennyeződés feltételezett mozgási iránya; 7 — valóságos talajvízmozgás

Fig. 32. Survey of oil pollution after railway accident at Pécel station (Pest county) (a) — locality map; (b) — determination of groundwater flow direction by the method of equipotentials

1 — accident site; 2 — existing water wells; 3 — penetration (EGS) sounding; 4 — wells to retrieve the oil, pegged out before the geophysical survey; 5 — new oil-retrieving wells drilled on the basis of geophysical results; 6 — presumable movement of contamination; 7 — proved groundwater flow

рис. 32. План-схема (а) загрязнения нефтью на железнодорожной станции Пецел и определение направления миграции грунтовых вод эквипотенциальным способом (b)

1— место происшествия; 2— вододобывающие скважины; 3— инженерно-геофизическое зондирование; 4— скважины для сбора нефти, размещенные до геофизических исследований; 5— скважины, размещенные по данным геофизических исследований; 6— предполагаемое направление миграции загрязнения; 7— фактическое направление миграции грунтовых вод

2 GEOFIZIKAI MÓDSZEREK ÉS MŰSZEREK KUTATÁSA ÉS FEJLESZTÉSE

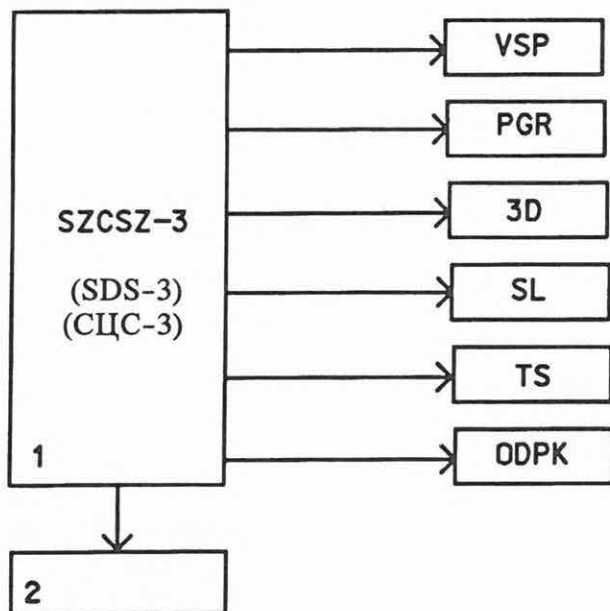
2 METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH IN GEOPHYSICS

2. 1. 1 A szeizmikus adatfeldolgozás helyzete

Kaszás Miklós, *Táborszki Gyula*

Az ELGI szeizmikus adatfeldolgozása a szovjet CGE-vel (Kőolajipari Minisztérium, Központi Geofizikai Expedíció) közösen kifejlesztett SzCSz-3 feldolgozó rendszerre alapozódik [ELGI 1983. Évi Jelentése, pp. 55-61]. Az elmúlt időszakban a programrendszer további bővítését és fejlesztését végeztük el.

A rendszert kiegészítettük migrációs programokkal, az összegzés előtti migrációval, a dőlő határfelületre vonatkozó normálkorrekcióval és a frekvenciatartománybeli sebesség-szűrés programjával, melyek az ELGI-ben kifejlesztett speciális processzort használják. Több, az igényeknek megfelelő alrendszer került beépítésre (33. ábra).



2. 1 SEISMIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

2. 1. 1 Present state of seismic data processing

Miklós Kaszás, Gyula Táborszki

Seismic data processing in ELGI is based on the SDS-3 system developed in cooperation with the Soviet CGE (Ministry of Petroleum Industry, Central Geophysical Expedition), see ELGI's Annual Report, 1983, pp.139-142. In the past years the completion and development of this system has been carried out.

The processing system were complemented with prestack migration, DMO and FK filter programs based on the special processor developed by ELGI. Several subsystems were connected to the basic system to meet the requirements (*Fig. 33*).

- The 'VSP' subsystem provides the processing of the one component offset VSP data.
- The geological section estimation (PGR) subsystem was complemented by programs for computing impedance, porosity and pressure sections.
- The subsystem '3D' provides a means for the processing of areal seismic data measured along a regular field geometry. Among others spatial migration, automatic static correction, dip determination and special filtering of time slices are also included.

↩ 33. ábra. Az ELGI jelenlegi szeizmikus feldolgozó rendszerének blokkvázlata. A műveletek magyarázata a szövegben

↩ *Fig. 33.* Block diagram of the recent seismic processing system of ELGI. Abbreviations explained in text

↩ *рис. 33.* Блок-схема системы обработки сейсмических данных в ЭЛГИ (разъяснение операций см. в тексте)

- A VSP alrendszer lehetőséget biztosít az egykomponenses észlelési távolság szerinti VSP mérések feldolgozására.
- A PGR alrendszert kibővítettük a szeizlog, a porozitás és a nyomás szelvények számításával.
- A 3D alrendszer lehetőséget nyújt szabályos hálózat mentén mért térbeli szeizmikus anyagok feldolgozására. Tartalmazza többek között a térbeli migrációs eljárást, a térbeli automatikus statikus korrekció javító eljárást, a dőlésmeghatározó eljárást és az időmetszetek speciális szűrését is.
- Az SL alrendszer a görbevonalú mérési anyagok feldolgozására való. Tartalmazza a mérési geometria leírását, a kiértékelési vonal számítását, a kiértékelési vonallal párhuzamos sávokban a csatornák közös referenciapontos gyűjtését, a szintek dőlésének meghatározását és a sávok optimális összegzését.
- A TS (totális szeizmika) alrendszer lehetőséget ad szabálytalan térbeli szeizmikus mérési anyag feldolgozására, valamint egy adott területen mért szeizmikus szelvények térbeli szeizmikus feldolgozására.
- Az ODPK alrendszer egy univerzális szeizmikus szintkövető és térkép-rajzoló rendszer. A szeizmikus szelvényeken végrehajtott automatikus szintkövetésből kapott adatokból a program segítségével izovonalas térkép szerkesztődik.

Megjelenítő programok (2) készültek a COROLPRESS színes plotterhez és a VERSATEC fekete-fehér és színes plotterhez. Ezek lehetővé teszik a szeizmikus attribútumok (amplitúdó, frekvencia, fázis) és a szeizmikus csatornák, valamint a szeizlog szelvények és az akusztikus mélyfúrási adatok együttes színes megjelenítését.

A most használt számítóközpont (34. ábra) egy IBM 4361 mod.5 (8 MB-os) processzoron alapuló konfiguráció, összesen kb. 7 GB háttértárral (több vezérlőn keresztül), 8 mágnesszalagos egységgel, kiterjedt — lokális és remote — telekommunikációs rendszerrel üzemel. A lyukkártyák használatát teljesen kiküszöböltük: a kötegelt munkákat vagy a távadatfeldolgozó rendszeren keresztül, vagy a kártyák helyett használt mágneslemezek segítségével lehet a gépbe beadni. A mágnesszalagos egységeknél a 6250 bpi sűrűség a legáltalánosabban alkalmazott. A felhasznált operációs rendszer az IBM MVS (a telekommunikációs rendszerben az NCP) rendszer.

34. ábra. Az intézeti számítóközpont jelenlegi felépítése

Fig. 34. Present structure of the mainframe computer of ELGI

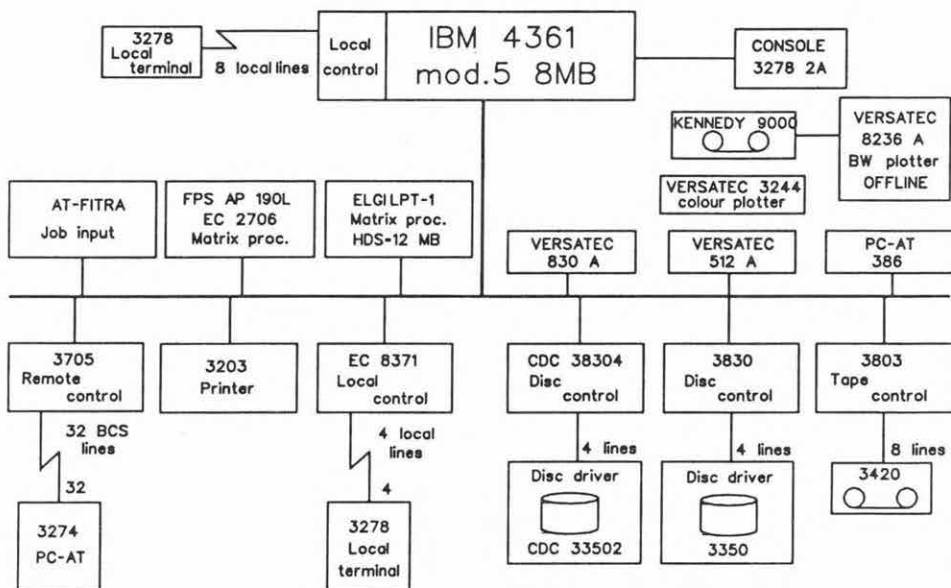
рис. 34. Структура вычислительного центра ЭЛГИ



- The subsystem 'SL' is included to process curved line seismic acquisition data. This subsystem incorporates a description of the shot—receiver geometry, the computation of the interpretation line, the common reference point trace gathers in strips parallel to the line of interpretation, and the determination of the dip and optimum stack data.
- The subsystem 'TS' (total seismics) facilitates the processing of irregular areal acquisition and the 3D processing of seismic profiles measured on a given area.
- The subsystem 'ODPK' is universally automatic for horizon detection and mapping. Detection data are used to construct isoline maps.

Special display programs (2) are available for the COROLPRESS colour plotter and for the VERSATEC black & white and colour plotters. These programs enable the seismic attributes (amplitude, frequency, phase) together with seismic traces and the impedance sections integrated with sonic well log data to be displayed in a coloured presentation form.

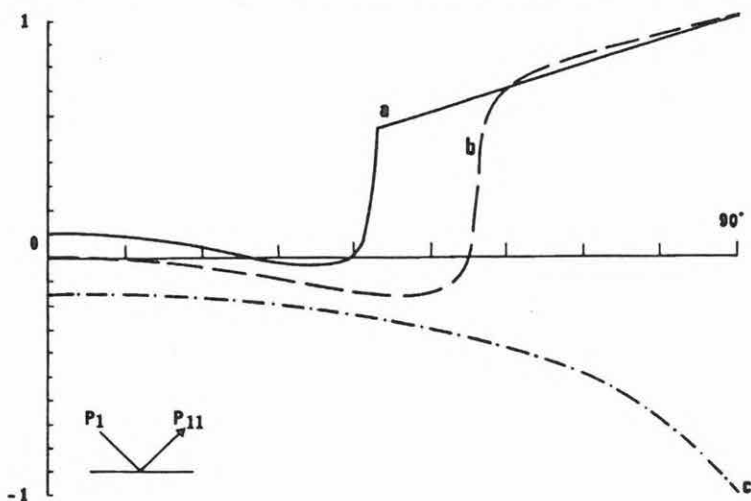
The currently operating computer system (*Fig. 34*) is based on an IBM 4361 mod 5. CPU (with 8 MB RAM) altogether with approx. 7 GB DASD (Direct Access System Devices) — through manifold controls —, 8 tape drivers, and with extended local and remote-system telecommunication. Punched cards are completely eliminated; batch jobs are input to the system either through the telecommunication system or by the floppies utilized instead of cards. Typical density on tapes is 6250 bpi. IBM MVS (plus NCP in the telecommunication system) is used as operating system.



2. 1. 2 Az észlelési távolságtól függő amplitúdóváltozás vizsgálata

Takács Ernő

Az elmúlt évben megkezdtük azokat a vizsgálatainkat, amelyek a szeizmikus amplitúdó észlelési távolságtól való függésével kapcsolatosak (amplitude versus offset — AVO). Ennek gyakorlati jelentősége abban áll, hogy elemzésével módunk nyílna arra, hogy a szeizmikus mérési anyagból következtetéseket vonjunk le a rétegtelítettségre vonatkozóan [OSTANDER 1984]. Az eljárás hazai kidolgozásával kismélységű gáztelített homokkő rétegek és forró gőz tárolók kimutatását célozzuk. A módszer elméleti alapját az képezi, hogy a szeizmikus határfelületen létrejött hullámok amplitúdója általános esetben függ a rétegek sűrűségétől, a P és az S hullámok sebességétől, valamint a hullám beesési szögétől (észlelési távolságtól) is. A P és az S hullám sebességének viszonyát a Poisson szám fejezi ki, amelynek értéke igen érzékeny a rétegtartalomra. Ezért, ha a mérési anyagból meg tudjuk határozni az amplitúdó-észlelési távolság függvényt, akkor a görbe alakjából információt nyerhetünk a rétegtelítettségre. Az eddigiek során modellszámításokat végeztünk a jelenség vizsgálata céljából. A két réteg határfelületén kialakuló hullámok amplitúdóját (az egyes hullámtípusokra vonatkozó reflexiós és transzmissziós együtthatókat) a Zoeppritz egyenlet írja le [ČERVENÝ et al. 1971, WATERS 1981]. A 35. ábrán a mátrix egyenlet segítségével különböző akusztikus impedancia különbségek esetére kiszámítottuk a reflexiós koefficiens változásait a ν beesési szög függvényében a gyakorlat szempontjából legfontosabb P_1 beeső és P_{11} reflektált hullámra. A rétegek paramétereit különböző agyag/homokkő modellek lehetséges értékei szerint vettük fel. Az a és b görbén a kritikus szögnél megjelenik a refraktált hullám, és megállapíthatjuk, hogy a reflexiós koefficiens értéke a gyakorlatban előforduló szögtartományon belül akár előjelet is válthat. A



2. 1. 2 Amplitude versus offset analysis

Ernő Takács

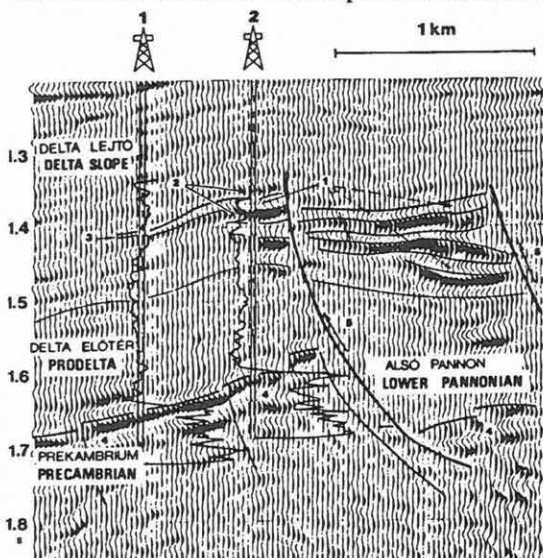
In the past year we started to study the seismic amplitude versus offset relations (AVO). The practical aspect of this analysis is the possibility of drawing conclusions from seismic data on layer saturation [OSTANDER 1984]. Domestic experience and processing results could greatly help in the detection of gas filled sands and hot vapour reservoirs of moderate depth range. The theoretical foundation of this method is that reflected seismic energy depends on density, P and S velocities, and incident angle (offset). The ratio of the P and S velocities is given by the Poisson's number, which is very sensitive to the layer content. Consequently, if one can determine the amplitude values from measured seismic reflection data as a function of the offset, the shape of the curve can give very useful information on layer saturation. Model studies have been carried out to analyse this phenomenon. The amplitude at the boundary of two layers (coefficients of reflection and refraction) is given by the Zoeppritz equation [ČERVENÝ et al. 1971, WATERS 1981]. The changes of the reflection coefficient are shown in Fig. 35. For different acoustic impedances the changes of different reflection coefficients were calculated by the matrix equation. The calculation is made as a function of the incident angles (ν) and takes into consideration the most important incident and reflected waves (P_I and P_{II}). The layer parameters were taken into account by possible values of shale and sandstone models. The refracted wave appears at the critical angle and in the range of practically significant values the reflection coefficient can change its sign (curves a and b). On the seismic sections generally one part of the amplitude anomalies can be explained by the constructive

↩ 35. ábra. A reflexiókoefficiens változásai a beesési szög függvényében agyag/homokkő határfelületen.
(a)—fedőjéhez képest nagy impedanciájú homokkő; (b)—fedőjéhez képest közel nulla impedanciakülönbségű homokkő; (c)—fedőjéhez képest kis impedanciájú homokkő

↩ Fig. 35. Reflection coefficients versus incident angle for a shale/sand interface.
(a)—high impedance sands; (b)—near zero impedance contrast sands; (c)—low impedance sands

↩ рис. 35. Изменения коэффициента отражения в зависимости от углов вхождения волн на поверхности раздела глина-песчаник.
(a)—песчаник с высоким по сравнению с кровлей импедансом; (b)—песчаник, почти не отличающийся от кровли по импедансу; (c)—песчаник с низким по сравнению с кровлей импедансом

szeizmikus szelvényeken gyakran tapasztalható amplitúdó-anomáliák egy részének fizikai magyarázata van (konstruktív interferencia), más részük a rétegtartalom változásainak a következménye is lehet. A 36. ábrán bemutatott relatív szeizlog szelvényen az 1.4 s környékén megjelenő bright spot mélységében a 2. számú fúrás gáztároló homokkővet harántolt, amelyet agyagos rétegek zárnak közre. Feltételezésünk szerint az amplitúdó anomáliát a rétegtartalom változása okozza. A 37. ábrán az amplitúdóváltozásokat ábrázoltuk agyag/vízzel telített



36. ábra. Relatív szeizlog szelvény a fúrásokban feltüntetett szónikus sebesség görbékkel

Fig. 36. Relative seislog section with sonic velocity curves

рис 36. Профиль относительного акустического импеданса с нанесенными акустическими кривыми

homokkő (a) és agyag/gázzal telített homokkő (b) modellekre a beesési szög függvényében. A modellek P -hullám sebességeit és sűrűségeit a 2. számú fúrásban mért karotázis szelvények alapján, a Poisson-számokat pedig irodalmi adatok alapján vettük fel. Látható, hogy a görbe alakja érzékeny a réteg telítettségére. Az adott észlelési rendszer mellett a kérdéses mélységből közelítőleg 30° maximális beesési szögre lehet számítani. Az összegszelvény egy csatornájának a várható amplitúdójára úgy tudunk következtetni, ha kiszámítjuk a 37. ábra függvényeinek átlagát a 0° – 30° intervallumban. Mivel az agyag/gázos homokkő modellre lényegesen nagyobb értéket kapunk mint az agyag/vízzel telített esetben, a szelvény nagy amplitúdójú szakasza összefüggésbe hozható a gáztelítettséggel.

A továbbiakban tervezzük az $A(x)$ amplitúdó függvény meghatározását a mélységpont szerint válogatott különböző észlelési távolságú terepi csatornákból [MAZZOTTI 1990]. Az AVO értelmezés további alapjai lehetnek az ún. AVO attribútum szelvények, amelyek kiemelik a szelvény azon szakaszait, amelyek markáns észlelési távolság függést mutatnak [TSINGAS et al. 1991].

37. ábra. A reflektált hullám amplitúdójának változásai a beesési szög függvényében különböző rétegtelítettségek esetén

(a)—agyag/vízzel telített homokkő; (b)—agyag/gázos homokkő



interference of amplitudes, while the other part is possibly due to the layer saturation changes. As shown in Fig. 36 at vertical two way reflection time 1.4 s a bright spot appears on the seislog section where well No. 2 indicates gas bearing sandstone rocks sealed by argillaceous layers. It can be supposed that the amplitude anomaly is due to the change of layer saturation. In Fig. 37 amplitude changes are presented as a function of incident angle using shale/water saturated sandstone (a) and shale/gas saturated sandstone (b) models. P -wave velocities and densities were known from well log data from well No. 2, the Poisson's ratio was considered on the basis of literature data. It is obvious that the shape of the curve is sensitive to the layer saturation. In reference to the given shot-receiver geometry a maximum incident angle of 30 degrees can be predicted. To predict the expected amplitude value of one channel of the stacked section the average of the functions displayed in Fig. 37 should be calculated in the 0-30 degree interval. Since the shale/gaseous sandstone model can be characterized by a higher value compared

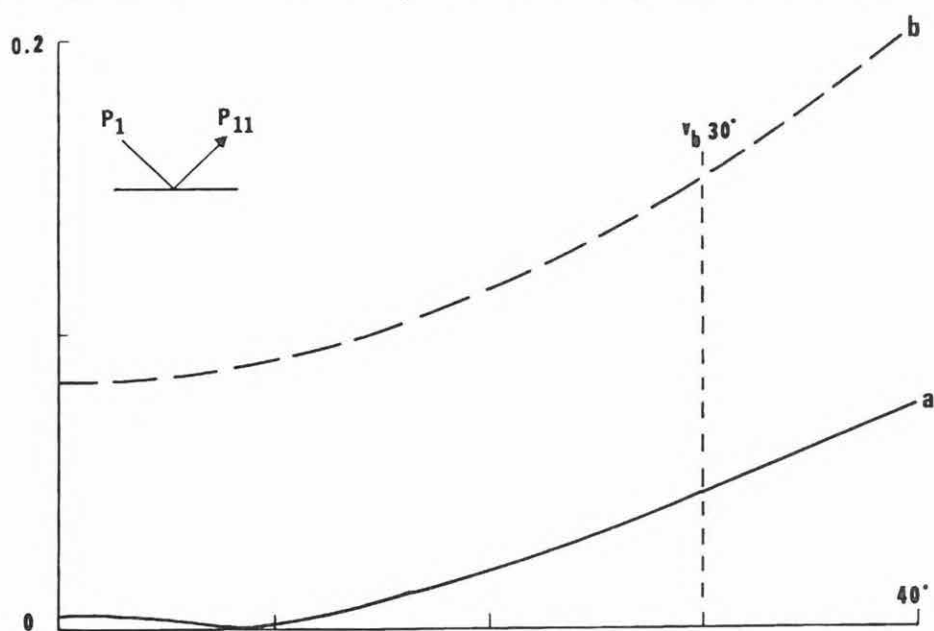


Fig. 37. Amplitudes of reflected wave versus incident angle for different layer saturations

(a)—shale/wet sand; (b)—shale/gas sand

рис. 37. Изменения амплитуд отраженных волн в зависимости от угла вхождения при различных насыщенностях.

(a)—глина-водонасыщенный песчаник, (b)—глина-газоносный песчаник

- ČERVENÝ V., RAVINDRA R. 1971 : Theory of seismic head waves. University of Toronto Press, Toronto. 312 p.
- MAZZOTTI A. 1990: Prestack amplitude analysis methodology and application to seismic bright spots in the Po Valley, Italy. *Geophysics* 55, pp. 157-166
- OSTANDER W. J. 1984: Plan-wave reflection coefficients for gas sands at non-normal angles of incidence. *Geophysics* 49, pp. 1637-1648
- TSINGAS C., KANASEWICH E. R. 1991: Seismic reflection amplitude versus angle variations over a thermally enhanced oil recovery site. *Geophysics* 56, pp. 292-301
- WATERS K.H. 1981: Reflection seismology, a tool for energy resource exploration. Wiley, New York. 377 p.

2. 1. 3 Vertikális szeizmikus (VSP) feldolgozás személyi számítógépen

Molnár Imre

A szeizmikus mérési anyagok feldolgozásához és a szelvények értelmezéséhez elengedhetetlen a megfelelő pontosságú sebességfüggvény ismerete. Igazán megbízható mélységazonosítás és a többszörös reflexiók kiszűrése csak VSP mérés segítségével oldható meg. Annak, hogy ennek ellenére a szeizmikus mérési gyakorlatban mégsem alkalmazzák rutinszerűen a reflexiók mérések velejárójaként, — a megfelelő fúrások hiányán túl — anyagi oka is van. Külön erre a célra igénybevehető speciális VSP műszer nélkül a szeizmikus csoportok sokcsatornás berendezését lehetett csak igénybevenni, ami főlegesen megdrágította a mérést. Ezért az ELGI 1988-ban kifejlesztett egy hordozható, ESS-01-08/VSP jelű 8 csatornás VSP műszert [Évi Jelentés, 1988-1989, pp. 150-152]. További problémára még, hogy a VSP mérések eredményére már a reflexiók anyag feldolgozásának kezdetén szükség van, ezért használhatósága a feldolgozás gyorsaságának függvénye.

Ilyen megfontolásokból került sor az IBM AT és ezzel kompatibilis számítógépekre kifejlesztett sekélyszeizmikus programcsomag következő elemeként (a reflexiók, tomográf és refrakciós feldolgozó programok mellett) a *VSP feldolgozó program* kifejlesztésére. A program egy könnyen kezelhető menüből lehetővé teszi a VSP adatok feldolgozását a terepi felvételek csatornáinak szerkesztésétől a teljes feldolgozási vertikum interaktív végrehajtásával a végső, "korridor" összegcsatorna képzéséig, amely (tetszőleges léptékben) a reflexiók szelvénybe illeszthető. A feldolgozható VSP adatok főbb paraméterei: maximális csatornaszám 256, maximális csatornahossz 2048 minta, maximális szondamélység 3200 m, adatformátum 2 byte integer.

A főmenü a szükséges bemeneti/kimeneti műveleteken, a tetszőleges csatornák kigyűjtésén és szerkesztésén kívül a következő főbb funkciók elvégzését kínálja (modellszelvény: 38. ábra):

with the saturated shale/water case, that part of the section displaying higher amplitudes can be related to the gas saturation effect. The determination of the amplitude function $A(x)$ is planned to be the next step in our studies from the depth point trace gathers of different offset ranges [MAZOTTI 1990]. The interpretation of AVO data can be complemented by AVO attribute sections showing significant dependences on offsets [TSINGAS et al 1991].

2. 1. 3 Processing of Vertical Seismic Profiling (VSP) data on personal computer

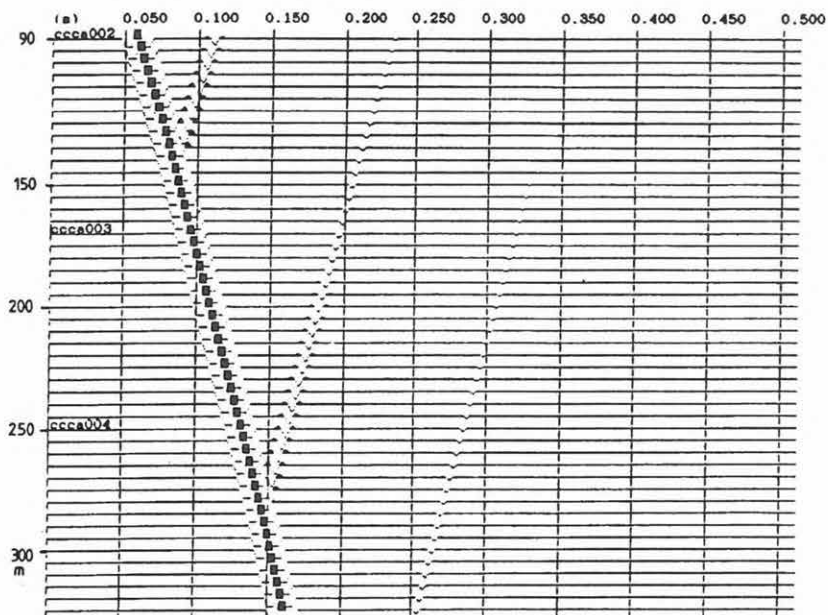
Imre Molnár

Knowledge of a sufficiently correct velocity function is essential for the processing and interpretation of seismic data. Reliable depth calculation and the identification of multiple reflections cannot be carried out without VSP data. Apart from the problem of a deep borehole, it is mainly financial reasons that are responsible for it not having been extensively used in routine reflection surveys. Without special VSP equipment only multichannel seismographs can be used for VSP data acquisition, and this would considerably increase the exploration costs. To overcome these difficulties, in 1988–89 ELGI developed the ESS-01-08/VSP type 8 channel portable equipment [Annual Report of ELGI 1988–89, pp. 268–269]. Taking it into consideration that reflection data processing needs VSP results from the beginning, the rapid interpretation of VSP data is of great importance.

As a subsequent part of the shallow seismic program package for IBM AT compatible personal computers, the *VSP processing program* was developed based on the foregoing considerations (together with reflection, tomographic and refraction processing programs). The program system provides a possibility to choose from a very flexible menu a wide range of interactive operations from the editing of channels up to creating the 'corridor' stacks to be inserted in the seismic time sections by an arbitrary scale. The main parameters of the processable VSP data are as follows: maximum number of channels 256, maximum channel length 2048 samples, maximum depth of sonde 3200 m, integer data format 2 bytes.

Besides the necessary input/output operations such as arbitrary trace gathers and editing, the main menu system offers the following operational functions (model section *Fig. 38*):

- signal shaping on field records by means of a monitor geophone signal to eliminate signal changes due to the fluctuation of generating conditions;
- interactive picking of uphole time for shot point statics;
- in the case of 3-component far-offset measurements the computation of arbitrary oriented channels based on the amplitude components of the direct waves;

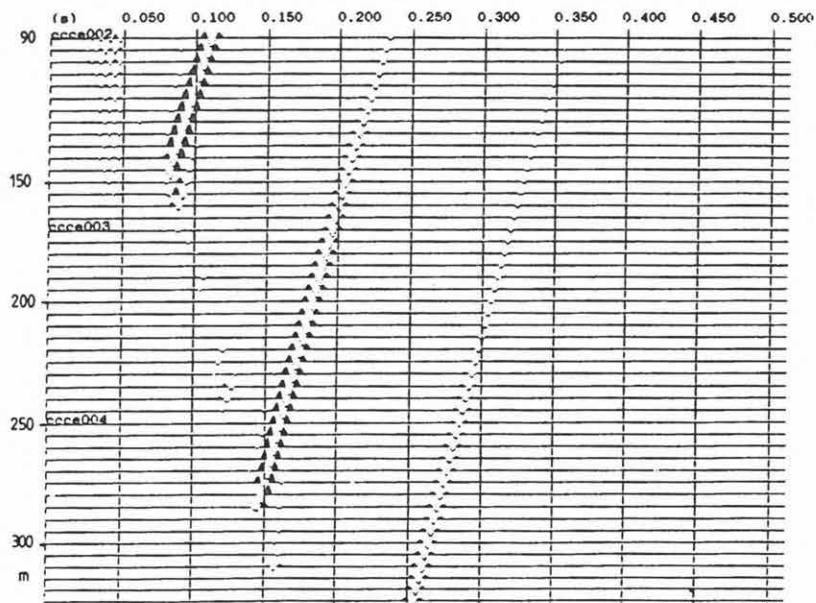


38. ábra. 4 rétegű VSP szelvénymodell többszörösök nélkül

Fig. 38. Four-layered VSP section model without multiples

рис. 38. Четырехслойный модель VSP без многократных отражений

- jelalak-formálás a terepi felvételeken, a monitorgeofon jelének felhasználásával a gerjesztési feltételek ingadozásaival kapcsolatos jelalak-változások kiküszöbölésére;
- robbantóponti statikus korrekció a felidő csatorna első beérkezéseinek interaktív bejelölésével;
- 3-komponenses távoli mérés esetén tetszőlegesen irányított csatornák számítása a direkt hullám amplitúdókomponensei alapján;
- impulzus dekonvolúció;
- spektrumanalízis;
- frekvenciaszűrés;
- sebességszűrés f - k tartományban;
- le- és felmenő hullámtér szétválasztása f - k vagy medián szűrővel (39. ábra);
- kétszeres menetidőszelvény képzése (40. ábra);
- súlyozott összegszelvény számítása (41. ábra) a le és felmenő hullámtérből, a reflexiók pontos mélységazonosításához;
- "korridor" vagy teljes összegcsatorna számítása a 40. ábrán interaktívan kijelölt csatornaszakaszokból (42. ábra).

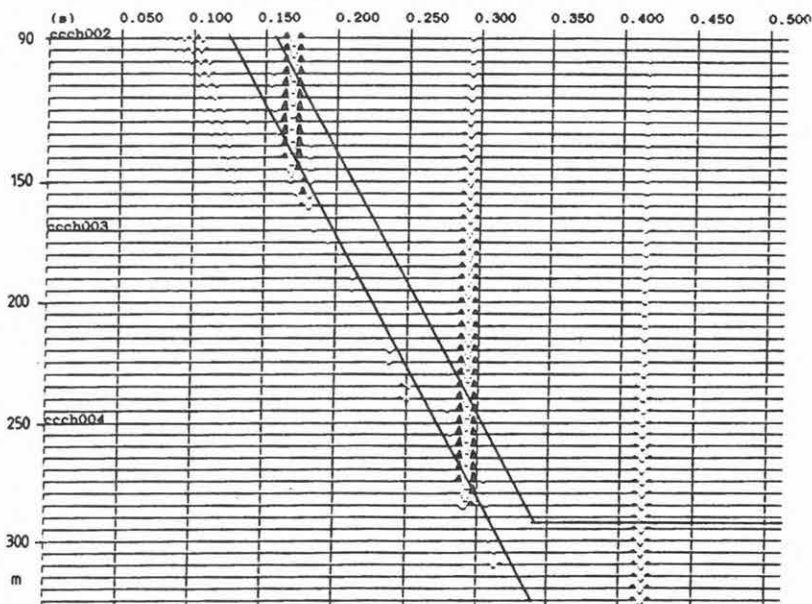


39. ábra. A felmenő hullámter f - k szűrés után

Fig. 39. Upgoing wavefield filtered with median filter

рис. 39. Восходящее волновое пространство после f - k фильтрации

- spike deconvolution;
- spectral analysis;
- frequency filtering;
- velocity filtering in the f - k domain;
- decomposition of the downgoing and upgoing wave fields by median filters (an example can be seen in Fig. 39);
- construction of the two-way time section (Fig. 40);
- computation of the weighted stack section from the down- and upgoing wavefields for exact depth calculation (Fig. 41);
- computation of 'corridor' stack, or final stack from interactive chosen channel sequences (Fig. 42).



40. ábra. Kétszeres menetidő szelvény a reflektált hullámokból a "korridor" összeghez felhasznált csatornarészekkel

Fig. 40. Two-way time section with parts of channels used for 'corridor' stack

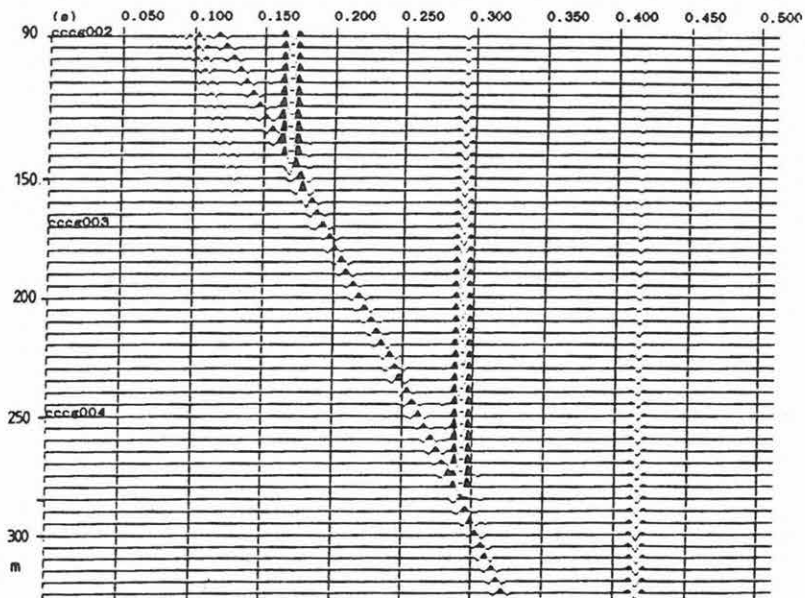
рис. 40. Двухкратный разрез из отраженных волн с фрагментами каналов, использованных при суммировании по коридору

2. 1. 4 Refrakciós adatfeldolgozás személyi számítógépen

Lukácsy József, Scholtz Péter

Az elmúlt években számos, az IBM PC-re írt refrakciós feldolgozó szoftver jelent meg a szeizmikus gyakorlatban. Az ELGI sok sekélyszeizmikus mérést végez, ezért 1990-ben kifejlesztettünk egy, a refrakciós szeizmogramokat hagyományos módon feldolgozó programot. A program alkalmazkodik a különböző terítési rendszerekhez, legyen az korrekciós mérés vagy nagyfelbontású szerkezetkutatás. Bizonyos lövési elrendezés esetén több terítésnyi adat egy rendszerként kezelhető. A menetidő-görbéket grafikusán jelenítjük meg. A görbéken kölcsönös menetidőt és sebességet számolhatunk, illetve különbségi menetidőt és egyesített menetidőt szerkeszthetünk (43. ábra).

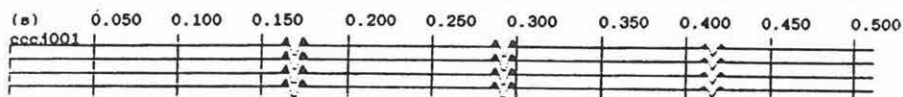
A kiértékelési eljárások közül a plusz- minusz illetve a hullámfront módszert választottuk. A hullámfront eljárás csak megfelelő bázis/mélység arány esetén állít



41. ábra. Súlyozott összeg a le- és felmenő hullámokból. (A direkt hullámok hozzáadása 0,02 együtthatóval szorozva)

Fig. 41. Weighted stack section of down- and upgoing waves (adding direct waves multiplied by coefficient 0.02)

рис. 41. Взвешенное суммирование низ- и восходящих волн (доли прямых волн умножены с коэффициентом 0.02)



42. ábra. "Korridor" összegcsatorna

Fig. 42. 'Corridor' stack channel

рис. 42. Суммированный по корридору канал

elő mélységszelvényt, és érzékeny a zajokra, viszont megbízható szelvényt eredményez. A mélységszelvényt grafikusán ábrázoljuk, a megjelenítés léptéke változtatható. A szelvényről nyomtatott másolat készíthető (44. ábra).

Statikus korrekciót a mélységszelvény ismeretében számíthatunk. A funkció kimenetét a nagygépes feldolgozás által igényelt formátumra alakítottuk. A feldolgozás során lehetőség van a visszamenőleges módosításra. Ha szükséges, a már kiértékelt terítésekről új modellt alkothatunk, jellemző paramétereit megváltoztathatjuk. A "kézi" feldolgozással szemben előnyt jelent, hogy az elsőbeérkezés-beelölés, menetidőgörbe szerkesztés, valamint a mélységszámítás munkaigényes rutinjait programból valósítjuk meg. A modellalkotás a menetidőgörbe, az értelmezés a szelvény ismeretében továbbra is a feldolgozó lehetősége és felelőssége.

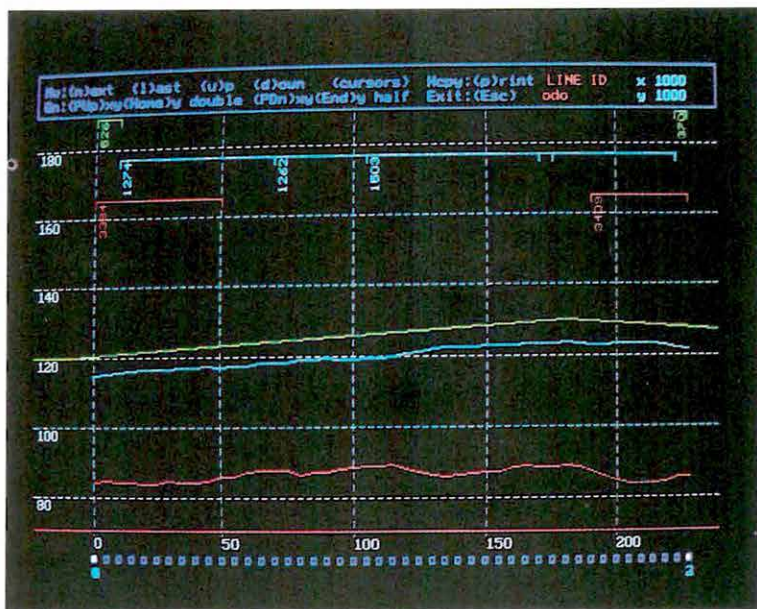
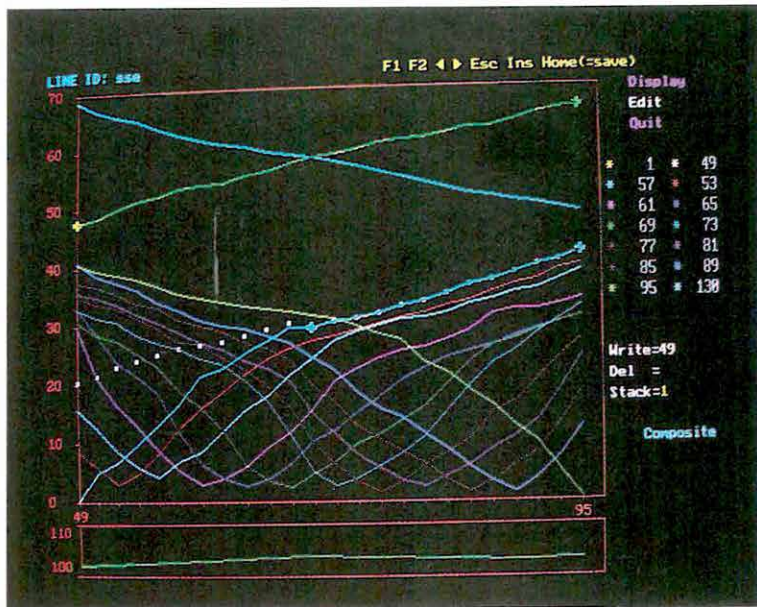
2. 1. 5 A végeselemes modellezés alkalmazása

Detzky Gergely, Angyal László

A modern matematika és a számítástechnika integrált eredményei révén egyre inkább napi gyakorlattá válhat a végeselemes modellezés, ami kiválóan alkalmazható a műszaki-földtudományi problémák elemzésében is. Az ELGI végeselemes modellezéssel kapcsolatos tevékenysége néhány évvel ezelőtt egy személyi számítógépen futó program fejlesztésével kezdődött. A módszert először egy mérnökszeizmikus minivibrátor tervezéséhez használtuk. Később kétdimenziós fal rezonanciáját vizsgáltuk modellszámítással és méréssel valós objektumon, megállapítandó, hogy kisebb épületek sajátfrekvenciái beleesnek-e a vibroszeizmikus sávba [ELGI 1988–1989. Évi Jelentése, pp. 146–150]. Az utóbbi időben hozzáférhetővé váltak olyan professzionális programcsomagok is, amelyekkel hatékonyan lehet végeselemes modellszámításokat végezni. Ezek egyikével, a COSMOS rendszerrel (Structural Research and Analysis Corp. Santa Monica, USA) végeztük az alábbi kísérleti számításokat.

A modell maximálisan 8000 elemből állhat 5000 szabadsági fokkal. A COSMOS program főbb moduljai a grafikus előkészítő, az elektromágneses, a statikai, a dinamikai a kinetikai és áramlástanai számító modul és a grafikus megjelenítő. A felhasználó a programmal egy kényelmes menün keresztül kommunikál. Beépített, bővíthető anyagtáblázatok és a lehetséges véges elemek széles választéka áll rendelkezésre. A modellszámítások eredményeinek megjelenítése a grafikus CAD rendszerekben megszokott színvonalon lehetséges. A mértékrendszer megválasztása a felhasználó feladata. Az eredmények megjelenítésénél a mértékegység nem kerül feltüntetésre. A modellekhez mi az SI rendszert használtuk és ennek megfelelően az elmozdulást m-ben, az erőt N-ban, a nyomást és feszültséget N/m^2 -ben, a frekvenciát Hz-ben mértük.

A következő ábrák a COSMOS rendszer képernyőfotói. A keret felső részén a főmenü vagy az aktuális adatállomány azonosítói, a jobb oldalon a választható



43. ábra. Egyesített menetidőgörbe szerkesztése

Fig. 43. Construction of a composite time-distance curve

рис. 43. Составление объединенного годографа

44. ábra. Kétréteges refrakciós mélységsvény

Fig. 44. Two layer refraction depth profile

рис. 44. Двухслойный разрез КМПВ по глубине

2. 1. 4 Processing of refraction data on personal computers

József Lukácsy, Péter Scholtz

Numerous items of seismic refraction data processing softwares have appeared in seismic practice in recent years. Owing to the growing amount of shallow seismic surveys, in 1990 we developed a program package for the conventional processing of refraction seismograms. This program can handle the different refraction spread configurations from simple static correction setup to high resolution structural measurement. With suitable shot configuration the acquisition data of several spreads can be considered as a unique system. Time–distance curve can be represented graphically. Reciprocal times, velocities and composite curves can be directly calculated (*Fig. 43*).

For depth profile construction the plus–minus method and the wavefront method are used. The wavefront method can be used only if there is an effective base/depth ratio for depth construction. It is also noise sensitive but it generally gives reliable results. The depth profile can be displayed graphically in any arbitrary scale. Hardcopy printout is available (*Fig. 44*).

Static corrections can be calculated from depth results. Output data are compatible with different computer formats. During the elaboration of data any kind of modification is possible. If necessary, a new model can be constructed from intermediate depth results and characteristic parameters can be changed. In comparison with time consuming manual interpretation methods it is very advantageous that the picking of first arrivals, depth calculation and time–distance data can directly be obtained from a programmed computer routine. At its disposal the interpreter has a wide range of modification facilities relating to initial models within the limits of a given time distance data set.

2. 1. 5 Application of finite–element modelling

Gergely Detzky, László Angyal

The method of finite element modelling (FEM) as a result of modern mathematics and computer technology is an extraordinary tool for analysing problems in the applied Earth Sciences. The activities in FEM began some years ago in ELGI on a PC base. The method was first used to design a mini–vibrator for engineering seismics. Later the resonance characteristics of a two dimensional wall were analysed by model computation with measurements on real objects. It was found that the eigenfrequencies of smaller buildings are within the VIBROSEIS band [Annual Report of ELGI 1988–89. pp. 267–268]. In recent times professional program packages have become available which can be used for efficient finite–

grafikus funkciók emlékeztető piktogramjai, alul pedig az éppen végrehajtott parancs látható. A program a modell mellett minden ábrán feltünteti az ábrázolt fizikai mennyiségnek a skála egyes színeihez tartozó tényleges értékét.

Épületek földrengésállóságának vizsgálata

A témának az ad aktualitást, hogy a nagyobb létesítmények (atom- és vízi erőművek, veszélyes anyagokkal működő üzemek, hulladéktárolók) földrengések esetén bekövetkező viselkedését az eddigieknél is gondosabban kell elemezni. Első lépésben arra az egyszerű kérdésre kerestünk választ, hogy egy nagyobb méretű épület sajátfrekvenciáit tudjuk-e észlelni meglévő szeizmikus műszereinkkel. A modellezés tárgyául Intézetünk hatemeletes épületét választottuk.

A test előzetes geometriai definíciójához, melyet esetünkben az épület un. drótmodellje jelenít meg (45. ábra), hozzárendelhetők a globális fizikai paraméterek (sűrűség, Young-modulus, Poisson állandó, gravitációs gyorsulás stb). A modell teljes meghatározásához hozzátartoznak a peremfeltételek. Ezek után statikus modellnél számíthatók a testben fellépő elmozdulások, erők, feszültségek, dinamikus modellnél a rendszer sajátrezgéseishez tartozó frekvenciák és az előbbi mennyiségek relatív értékei rezgés közben a modell különböző pontjaiban.

Az épület különböző modális rezgésállapotaihoz tartozó elmozdulásokat a program nagyított (megválasztható) léptékben jeleníti meg (46. ábra). Látható, hogy az alapmódus frekvenciája a hagyományos szeizmikus műszerek frekvenciatartományának alsó határán van. Nagyobb létesítmény esetén csak olyan célműszerrel oldható meg a közvetlen regisztrálás, melynek átviteli sávja alacsonyabb (<1 Hz) frekvenciákat is lefed.

Bányatér kőzetfeszültségi modellezése

A bányászati tevékenység megváltoztatja a kőzetekben a feszültségeloszlást. A feszültségek felhalmozódása és hirtelen felszabadulása a bányatérben váratlan omlásokat, rengéseket okozhat. A már végrehajtott fejtési műveletek nyomán kialakuló anomális feszültségállapotok kimutatására az ELGI-ben jól bevált geofizikai módszerek állnak rendelkezésre, melyekről már korábban beszámoltunk [KÖRMENDI et al. 1986]. A környező kőzetekben a bányaműveletek alapján valószínűsíthető feszültségtér jobb prognosztizálása még tovább növelheti a bányabiztonságot.

A példánkban egy egyszerű statikus bányamodell látható, ahol a merev fekűn 5 m vastag szén és azt lefedő 20 m vastag mészkő települését feltételeztük. A 200x200 m-es blokk felső felületén 175 m vastag átlagos sűrűségű üledékes kőzetnek megfelelő litosztatikus nyomás hat. A szénben egymástól 80 m-re lévő két 5 m széles párhuzamos bányavárat által közrefogott teleprész felét a frontfejtés

element computer modelling. The following experimental work was carried out by using one of these programs named the COSMOS system (Structural Research and Analysis Corp. Santa Monica, USA)

The model can accommodate 8000 elements with 5000 degrees of freedom. The main modules are: graphic preprocessor, electromagnetic, static, dynamic, kinetic and fluid mechanics computing modules with graphic display. The user can communicate with the program by a convenient interface. A wide range of possible finite elements and extendable built-in tables for different materials is available. The results can be displayed by a CAD-like graphic system. The choice of the measuring system depends on the user. Displays do not indicate the measuring units. For our model calculations we used the SI system so displacement was measured in m, force in N, pressure and tension in N/m^2 , frequency in Hz.

The figures represent the screen photos of the displays. At the upper part of the frame the main menu or the actual data set appears; on the right are the pictograms of the optional graphic functions; the lower part shows the command being executed. On all figures the program portrays the real values belonging to the colour scale of the displayed physical quantity.

Investigation of the resistance of buildings to vibrations

The up-to-dateness of this subject is due to the requirement that the behaviour of large establishments (atomic and hydro power plants, factories operating with dangerous materials, waste containers) with regard to earthquake resistance should be analysed much more carefully. In the first step an important question arises, viz. whether the eigenvibrations of a large building can be analysed using available seismic equipment. As a subject of our analysis the seven-storey building of our Institute was chosen.

The geometric definition of the body is given by the wire model of *Fig. 45*, to which global physical parameters (density, Young's modulus, Poisson's ratio, gravity acceleration, etc) can be related. For the full definition of the model the boundary conditions should also be known. In the case of a static model the interior displacements, forces and tensions, in the case of a dynamic model the frequencies belonging to the eigenvibrations and the relative values of the former quantities can be computed at different points of the model during the vibration.

The displacements relating to the different vibration conditions are displayed on a larger scale (arbitrary selection is possible) (*Fig. 46*). It can be seen that the first modal frequency is located at the lower limit of the conventional seismic equipment domain. During the analysis of a large building, direct registration can be done only with equipment of a lower frequency band (<1 Hz).

lefejtette. A lefejtett terület felett a fedőösszlet besüllyed és a kőzetek deformációja mellett a modellben előáll egy anomális feszültségtér. Az eredő állapot komponensei a program segítségével grafikus formában megjeleníthetők. A 47. ábra a bányatér modelljében létrejövő függőleges irányú elmozdulásokat mutatja. Sötétbarna színnel (legkisebb elmozdulás) jelenik meg a szénréteg, a világos színek a fedő mészkőréteg különböző elmozdulású zónáit jelzik. A modellen ellenőrizhető, hogy az adott szituációban kialakul-e veszélyes feszültségzóna. Ha például növeljük a fedő mészkő merevségét, szimulálható a bányászatban közismert veszélyes helyzet, miszerint csak a hosszan alafejtett fedőben lép fel olyan feszültség, amely azt képes leomlasztani. Az omlásveszélynek kitett nagy kőzettömeg mérete mellett a modellből becsülhető a szénrétegben a frontfejtés közelben megnövekedett nyírófeszültség is. A 48. ábrán az eltávolított fedő alatt a szénben kialakuló y normálirányú nyírófeszültség van feltüntetve. Látható, hogy a világoskék színnel jelentkező anomális feszültség a front körül koncentrálódik.

Ennek a modellnek a viselkedését egyébként hagyományos eszközökkel, egyszerű módon is lehet számítani. A modellezés igazi előnyei természetesen az ennél bonyolultabb geometriájú esetekben mutatkoznak meg.

Földtani szerkezetek elemzése

A földtani szerkezetek közvetlen vizsgálatára, leképezésére a leghatékonyabb módszerek egyike a szeizmika. A szeizmikus értelmezés eredményeként kapott szerkezeti kép realitásának, megbízhatóságának vizsgálatához lényeges, hogy a földtani struktúrát ne "állóképnek", hanem egy dinamikus folyamat jelenlegi állapotának tekintsük. A tektonikai mozgások bonyolultságából következően a jelenségek analízisében itt is hatékonyan alkalmazható a végeselemes modellezési eljárás.

A tektonikai elemek állapotát több komponens együttesen alakítja. A bemutatott kétdimenziós testek esetében külön vizsgáltuk egy normál vető mentén ható vertikális, és a lemeztektónikai mozgások okozta horizontális erők hatását, miközben mindegyik esetben figyelembe vettük a nehézségi erőt. A 49. ábrán a hat számozott blokkból álló általánosan alkalmazott test drótmodellje látható, melyben a peremfeltételeknek megfelelően a jobb oldali él horizontálisan, az alsó pedig mindkét irányban rögzített. A négyzetháló osztása 1 km-es. A különböző verziókat a peremfeltételek kiegészítésével és a blokkokhoz tartozó anyagtulajdonságok változtatásával származtattuk. Az 50. ábra modelljében csak gravitáció hat egy olyan testre amelynek 3. blokkja egy nagyságrenddel puhább a többinél. Látható, hogy a 3. blokk nagyarányú tömörödése folytán létrejött torzulás a nyírófeszültség $\tau(x,z)$ terében helyi anomáliák kialakulásához vezet. Ezek a helyek a liztrikus vetők legvalószínűbb kifejlődési zónái.

Az 51. ábra egy olyan test modelljét mutatja, amelynek fekéjében 1 km amplitúdójú vertikális vető látható. A felvetett blokk középső részén lokálisan

45. *ábra.* Az ELGI épületének drótmmodellje

Fig. 45. Wire model of the ELGI building

рис. 45. Проволочная модель здания ЭЛГИ

46. *ábra.* Az ELGI épületmodelljének dinamikus rezgésformái
(első négy módus)

Fig. 46. Model forms of dynamic vibration of the ELGI building
(the first four modes)

рис. 46. Формы колебаний динамической модели здания ЭЛГИ
(первые четыре моды)

47. *ábra.* Bányatérseg statikai modellje (z irányú elmozdulás [m])

Fig. 47. Static model of a mining area (displacements toward the
direction [m])

рис. 47. Статическая модель горного пространства (смещение по оси z, м)

48. *ábra.* A modellezett szénrétegben haladó frontfejtés környezetében
kialakult feszültségtér (y normálirányú síkban ható z irányú nyírófe-
szültség [N/m^2])

Fig. 48. Stress field produced in the environment of longwall operations in a
modell of a coal seam (z direction shear stress [N/m^2] operating in y
normal direction plane)

рис. 48. Поле напряжений в окрестностях очистного забоя в модели-
руемом угольном пласте (скальвающее напряжение в направ-
лении y, действующее в нормальной плоскости x, H/m^2)

The stress distribution in rocks is altered by mining activities. The accumulation of stresses and their sudden release can cause unexpected collapses and quakes. The stress condition anomalies due to previous workings can be detected by well proved geophysical methods developed by ELGI [KÖRMENDI et al. 1986]. A better forecast of the stress distribution in rocks is a useful means of increasing safety in the mine.

Our experiment is based on a simple static mining model, where the rigid layer is overlain by a 5 m thick coal seam and 20 m thick limestone. On the upper surface of a 200x200 m dimension block the lithostatic pressure is equivalent to a 175 m thick sedimentary rock load with an average density value. In the coal seam there are two parallel galleries 80 m apart. The diameter of each gallery is 5 m. One half of the coal seam between the galleries is exploited by the advancing face. Over the area of the exploitation the rock complex is sunk and in addition to the rock deformation an anomalous stress condition is produced. The components of the resultant state can be displayed in graphic form. The vertical displacements produced in the model are represented in *Fig. 47*. The dark brown colour (least displacement) indicates the coal seam, the bright colours are related to the different zones of displacement in the limestone layer. The development of a dangerous stress zone can be checked in reference to a given configuration. If, for example, the rigidity of the limestone layer is increased, one can simulate the well known problem when the stresses produced by long mining operation may result in a collapse. The model experiment helps to assess the dimensions of the rock mass exposed to the danger of collapse and the increasing shear stress produced in the coal seam. The y direction normal shear stress of the coal seam developing under the removed cover is represented in *Fig. 48*. The bright blue coloured stress anomaly is concentrated around the coal face.

The behaviour of the model could also be analysed with conventional routines using simple computation. The principal advantage of the modelling can be realised only in the case of geometrically more complex situations.

Analysis of geological structures

Seismics is one of the most effective methods for analysing geological structures. The structural picture derived from seismic interpretation cannot be considered to be 'static' but as an actual representation of a dynamic process. As a consequence of the complexity of tectonic movements the finite-element method is considered to be a very effective tool for studying these processes.

The state of the tectonic elements is influenced by several components. In our two dimensional analysis we have separately taken into consideration the influence of the vertical force along a normal fault and the horizontal force caused

jelentkező (sötét) feszültséganomáliából következtethetünk a fővetőt kísérő másodlagos törések helyére és irányára.

A 52. ábra horizontális irányú erő hatását szemlélteti. A modell 2., 3. és 6. blokkja közepes szilárdságú, a másik három blokk kemény. Az alapon mérhető litosztatikus nyomással azonos nagyságú, egyenletes eloszlású nyomás hat az x tengely irányában, a test bal oldali élén annak belseje felé. A szintvonalak a horizontális elmozdulás mértékét jelzik. Az ilyen és hasonló rendszerek komplex viselkedésére jellemző példa, hogy a várttól eltérően gyakorlatilag az egész 5. blokk éppen a külső erőhatással ellentétes irányban mozdul el (az 5. blokk színei mind negatív x irányú elmozdulásértékeket jelölnek).

Ez a néhány egyszerű modell csupán a szóbanforgó technika szerkezetföldtani alkalmazhatóságát hivatott érzékelteni, és természetesen a felhasznált program lehetőségeit messze nem használja ki. A teljesebb statikai analízishez minden verzió esetében komplexen vizsgálni kellene az elmozdulás, valamint a nyíró- és normál-feszültség összes komponensét. A későbbiekben tervezzük 3D modellek vizsgálatát elsősorban az oldaleltolódásos tektonika elemzése céljából. A földrengek gyakoriságának és energiájának prognózisa szempontjából további kutatási téma lehet a ma is aktív zónák mentén rugalmas energiákat akkumuláló és azokat időnként felszabadító feszültségtér szimulációja. Mivel az adott eljárás univerzális, alkalmas más fizikai terek modellezésére is, például a napjainkban mind aktuálisabbá váló geotermikus energia hasznosítása kapcsán felvetődő hőtani problémák megoldásában.

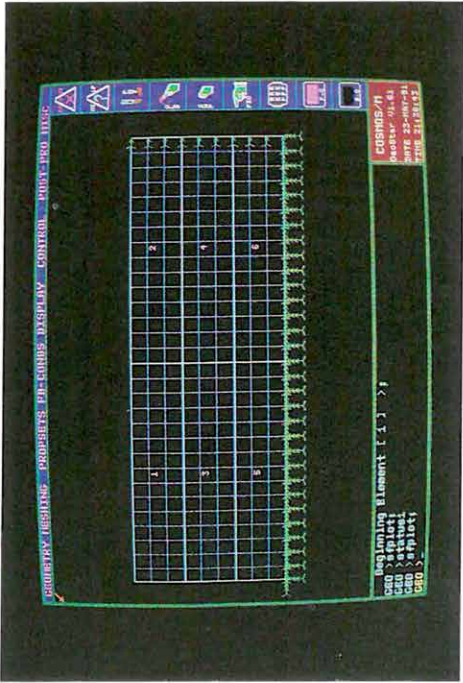
Reference/Hivatkozás

KÖRMENDY A., BODOKY T., HERMANN L., DIANISKA L., KÁLMÁN T. 1986: Seismic measurements for safety in mines. Geoph. Prosp. 34, 7, pp. 1022–1037

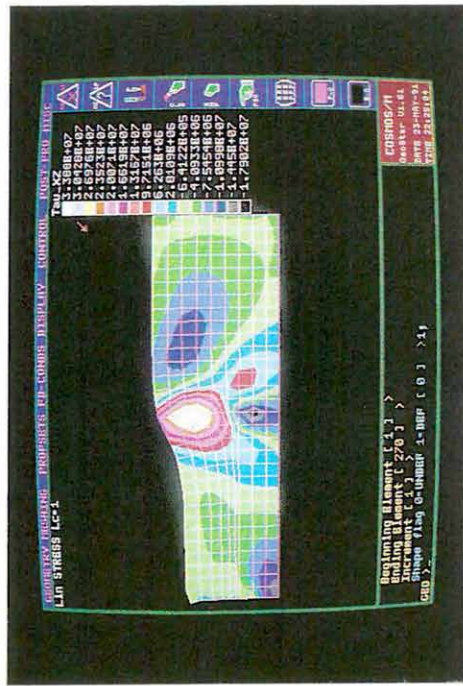
2. 1. 6 Sebességtomográfia longitudinális és transzverzális hullámokkal

Hermann László, Dianiska László, Jankovics Bálint (Bakonyi Bauxitbánya Vállalat), Prónay Zsolt, Törös Endre

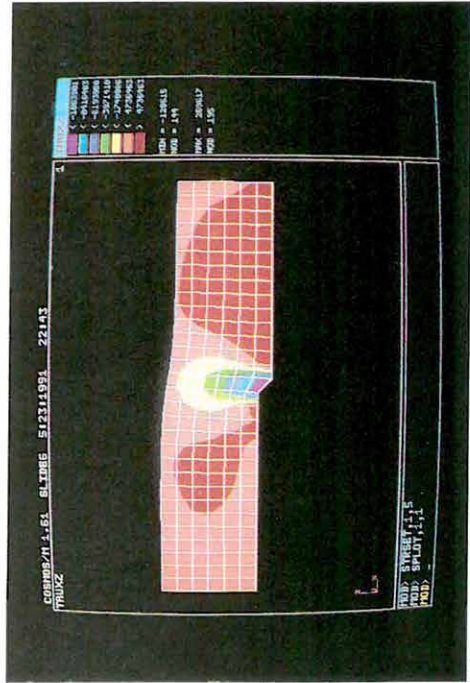
Ismeretes, hogy a geofizikai gyakorlatban már rutinszerűen alkalmazott P -sebességtomográfiánál többlet információt adó, a transzverzális (S) hullámok terjedési idejét is felhasználó — a továbbiakban P/S — tomográfia mérés technikai szempontból nem mindig könnyen megvalósítható többletkövetelményeket támaszt: törekedni kell a hangsúlyozott transzverzális hullámkeltésre és a többkomponens észlelésre.



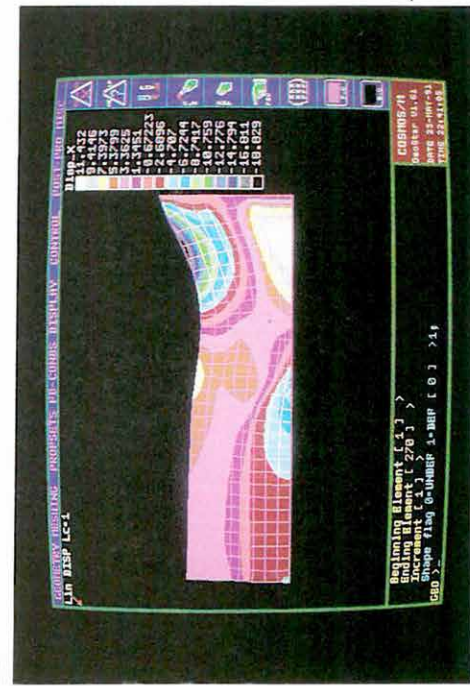
49



50



51



52

49. ábra. Kétdimenziós tektonikai modell (blokkok és 1 km méretű elemek)

Fig. 49. Two dimension tectonic model (blocks and 1 km sized elements)

рис. 49. Двумерная тектоническая модель (блоки и элементы размером в 1 км)

50. ábra. Gravitációs deformáció modellje (x normálirányú síkban ható z irányú nyírófeszültség [N/m^2])

Fig. 50. Model of gravitational effect (z direction shear stress in x normal direction plane [N/m^2])

рис. 50. Модель эффекта от силы тяготения (скальывающее напряжение в направлении z , действующее в нормальной плоскости x , Н/м^2)

51. ábra. A fekében lévő normál vető modellje (x normálirányú síkban ható z irányú nyírófeszültség [N/m^2])

Fig. 51. Model of a normal fault in the basement (z direction shear stress in x normal direction [N/m^2])

рис. 51. Модель сброса в подошве (скальывающее напряжение в направлении z , действующее в нормальной плоскости x , Н/м^2)

52. ábra. Vízszintes irányú erőhatás modellje (x irányú elmozdulás [m])

Fig. 52. Model of a horizontal force effect (displacement in the x direction [m])

рис. 52. Модель горизонтально действующей силы (смещение в направлении x , м)

by plate tectonic movements, both in the presence of gravity. The wire-model of the generally used body consists of 6 numbered blocks (*Fig. 49*) where in accordance with the boundary conditions, the right side edge is horizontally fixed, whereas the lower one is fixed in both directions. The square network is scaled by 1 km. Different versions had been defined by altering additional boundary conditions and properties of the materials involved. In the model represented by *Fig. 50* only gravity has an effect upon the body whose material in block No. 3 is one order softer. It can be observed in the space of the shear stress field $\tau(x,z)$ that local anomalies are produced by torsions due to large-scale compaction in block No. 3. It can be supposed that these indications are related to the development zones of the listric faults.

Fig. 51 represents a model with a 1 km amplitude vertical fault in its basement. In the middle part of the upthrown block a stress anomaly (dark colour) can be observed which is a probable zone of secondary fractures following the main fault.

The next example shows the influence of a horizontal force (*Fig. 52*). Blocks 2, 3, and 6 of the model are of medium solidity, the other three blocks are hard. On the left side of the body there is a uniformly distributed pressure, operative in the x direction, approximately equal to the lithostatic pressure at the basement. Contour lines indicate the horizontal displacement. A typical example of complex behaviour of this and similar systems is that block No. 5 moves in just the opposite direction of the external forces (the colours indicate negative values of displacements in x direction).

These examples serve only to show the applicability of the technique in structural geology. Software capabilities can provide the solution of much more complex problems. For a more complete static analysis it is necessary to study all components of the displacement and the shear and normal stresses. 3D model studies are planned as a means of analysing the tectonic problems of lateral displacements. From the viewpoint of earthquake occurrence and prediction the modelling of the stress field of an active zone where elastic energies are accumulated and released from time to time could be an other subject to be studied. The universality of the described method provides a means for modelling other physical fields — among others the problems of the increasingly more timely application of geothermal energy.

2. 1. 6 Velocity tomography by longitudinal and transversal waves

László Hermann, László Dianiska, Bálint Jankovics (Bakony Bauxite Mining Enterprise), Zsolt Prónay, Endre Törös

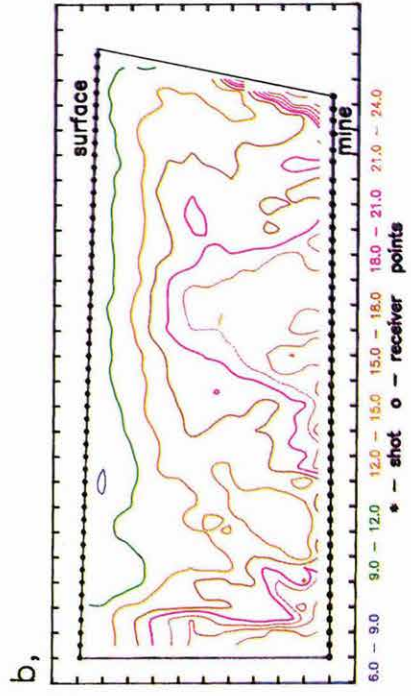
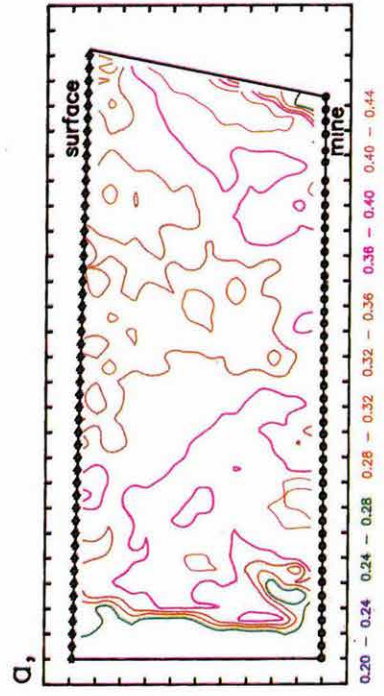
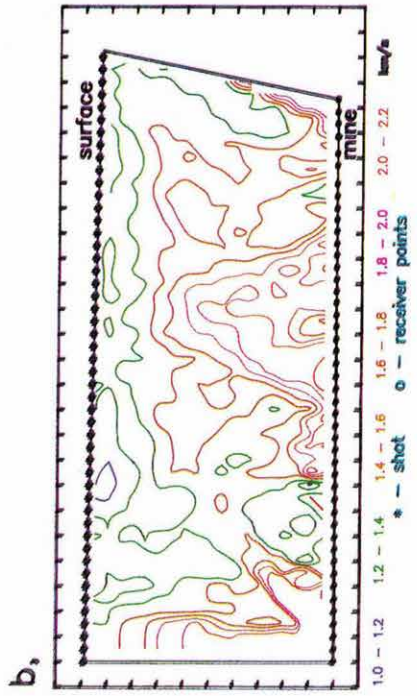
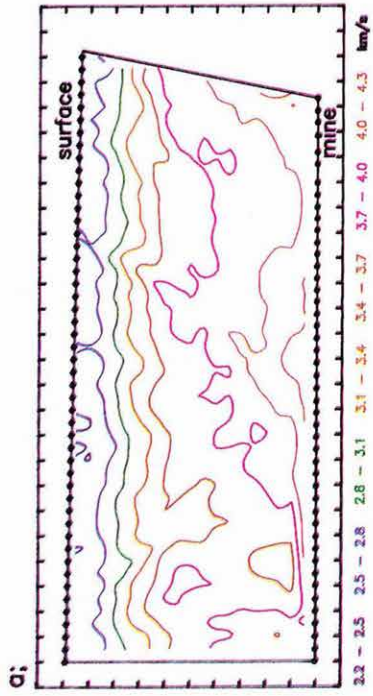
It is a known fact that P/S tomography in comparison with wave tomography provides more information but presents special requirements from the

A Bakonyi Bauxitbánya Vállalat csabpusztai mélyművelésű üzemében gondot jelent a fedő összlet (Ugodi Mészkő Formáció) vízveszélyessége. A vízázó szakaszok fellazult, töredezett zónákhoz köthetők. Ezek detektálására alkalmas eszköz lehet a közeg rugalmas tulajdonságait leképező *P/S* tomográfia. Ezért a Vállalat megbízásából kísérleti méréseket végeztünk a fellazult zónák kimutatására, amelyek egyben lehetővé tették az eredetileg széntelephullám-mérésekre kifejlesztett kétkomponenses szondák használhatóságának vizsgálatát is.

Mérés: A tomográf átvilágítást a közel szintes felszín és egy vízszintes, a felszín alatt kb. 100 m-es mélységben kihajtott, egyenes vágat között végeztük. A kétkomponenses érzékelőket a vágatfalba fűrt vízszintes, egymástól 5 m-re lévő 1 m-es mélységű lyukakban helyeztük el. Adatgyűjtésre két szimultán működte-tett ELGI ESS-24M digitális mérnökszeizmikus műszert használtunk. Megkísér-eltük a felszínen az SH hullámgerjesztést a mérés síkjára merőlegesen elhelyezett, talajra leszorított vízszintes deszka végeinek kalapácsos megütésével, de nem kaptunk kiértékelhető beérkezéseket, így a méréssorozatot 15 dkg-os, lefojtott töltetek robbantásával hajtottuk végre. A felszínen és a vágatban a sebességelosz-lások peremértékeinek meghatározására kiegészítő kisrefrakciós méréseket vé-geztünk.

Adatfeldolgozás: A sebességtérképeket a kétkomponenses felvételeken be-jelölt első beérkezési időkből (2136 P és 1704 S adat) görbült sugárutas SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) algoritmussal számítottuk személyi számítógépen. Az induló — horizontálisan homogén — sebességmező-ket az említett kisrefrakciós mérések adatait is felhasználva konstruáltuk. A sebességmátrixok rácsközét 5 m-re választottuk (1375 mátrix elem); a feldolgo-zásban mindkét esetben 5 iterációs lépést hajtottunk végre. A sebességmátrixokból az ismert összefüggéseket alkalmazva Poisson szám és Young modulus mátrixo-kat számítottunk 2.7 t/m^3 homogén sűrűségét feltételezve.

Eredmények: Az egymástól függetlenül számított sebességeloszlások (53. ábra) struktúrája megnyugtatóan hasonló; a mélységgel növekvő értékű sebességmezők a vágatközépnél jelentkező nagysebességű tartomány mindkét oldalán sebességsökkenést jeleznek — ezek függőleges lehatárolása a dominán-san vertikális sugárutak következtében elmosódó. Az *S*-térkép széleinél fellépő "anomáliák" oka az, hogy ezeken a területeken a rossz jel/zaj viszony miatt nem tudtuk azonosítani a transzverzális beérkezéseket. Az alapvető struktúra a rugal-massági paraméter térképeken (54. ábra) jól követhető és egyértelműen kijelöl-hetőek a "laza", vízveszélyes tartományok (nagy Poisson arány, kis Young modu-lus). A *P/S* tomográfia eredményeinek szorosabb, esetleg számszerűsíthető kap-csolata a konkrét kőzetállapottal csak további információk alapján lesz meghatá-rozható.



53. *ábra.* Szeizmikus sebességtomográfia a csabpusztai bauxitbánya egyik vágata és a felszín között
a—*P*-sebességmező; b—*S*-sebességmező

Fig. 53. Seismic velocity tomography between a gallery of Csabpuszta bauxite mine and the surface
a— velocity field of *P*-waves and; b— of *S*-waves

рис. 53. Сейсмическая скоростная томография между шахтой Чабпуста и поверхностью
a— скоростная область *P*, b— скоростная область *S*

54. *ábra.* Dinamikus rugalmassági paraméterek. Csabpusztai bauxitbánya
a— Poisson-szám; b— Young modulus

Fig. 54. Elasticity parameter maps. Csabpuszta bauxite mine
a— Poisson's ratio; b— Young's modulus

рис. 54. Динамические упругие параметры. Шахта Чабпуста
a— число Пуассона; b— модуль Янга

viewpoint of the measuring technique. These requirements are: transversal wave generation and multicomponent observation.

In the Csabpuszta mine (Bakony Bauxite Mining Enterprise) the danger of water inrush presents a problem because of the roof rock complex (Ugod Limestone Formation). The water inlet areas can be related to incompact, fractured zones. For the detection of these areas *P/S* tomography could be a very useful method, since it maps the elastic properties of the medium. For this reason we carried out experimental measurements to detect the incompact zones. Here we have studied the possible use of two component sondes originally developed for 'in-seam' seismic surveys.

Field survey. The tomographic transmission was carried out between the quasi-horizontal surface and a 100 m deep straight gallery. The two component sensors were located in 1 m deep boreholes in the wall of the gallery spaced at 5 m from one another. Data acquisition was performed by two, simultaneously operating ELGI ESS-24M engineering seismic instrument. SH type wave generation was attempted by hammer strikes at both ends of a wooden plank fixed perpendicularly to the plane of the measurements. No interpretable arrivals were received so the experiments were continued by shooting small 15 dkg damped explosive charges. Additional refraction measurements were made on the surface and in the gallery to determine the margin values of the velocity distribution.

Data processing. Velocity maps were computed using first arrivals of the two component seismograms (2136 P and 1704 S data) by the curved raypath SIRT algorithm (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) on a personal computer. The starting — horizontally homogeneous — velocity fields were computed using data from the above-mentioned refraction measurements. Grid point intervals of the velocity matrix were chosen to be 5 m (1373 matrix elements). During the processing 5 iteration steps were used in both cases. With the application of known formulae the Poisson's ratio and Young's modulus matrices were calculated for a presumed homogeneous density of 2.7 t/m^3 .

Results. The structure of the velocity distributions calculated independently from one another is quite similar (Fig. 53). With increasing depths the velocity fields show a velocity decrease on both sides of the high velocity domain at the central part of the gallery. The vertical delimitation of these phenomena is indistinct due to the presence of dominant vertical rays. The 'anomalies' at the border of the S map are due to the small signal/noise values of same areas where the identification of the transversal arrivals was impossible. The fundamental structure on the elasticity parameter maps (Fig. 54) can be well recognized and the 'incompact' and water dangerous areas can be determined (high Poisson's ratio, small Young's modulus). Detailed connections between the results of *P/S* tomography and the real lithological conditions can only be determined by further information.

2. 1. 7 A kismélységű fúrólukak közötti szeizmikus átvilágítás lyukszondáinak fejlesztése

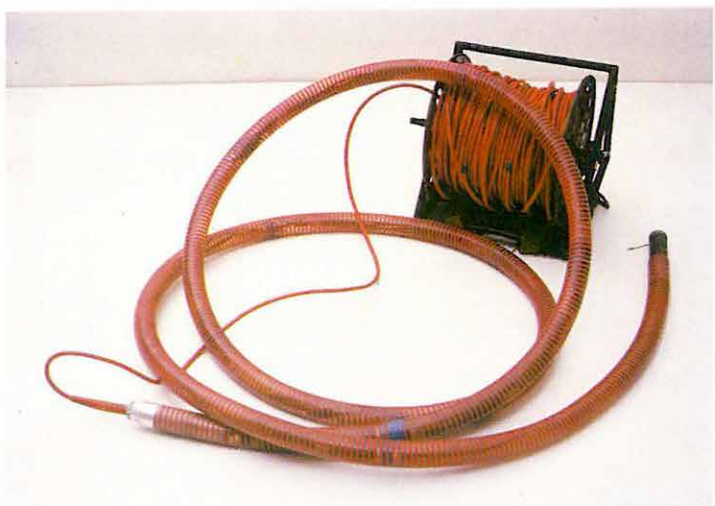
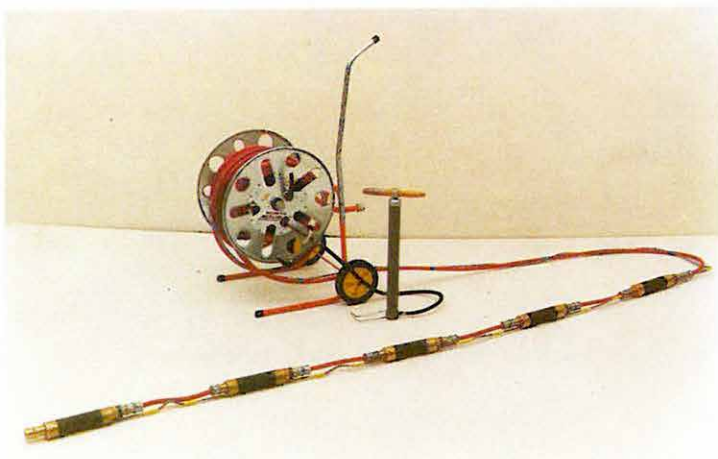
Hermann László, Prónay Zsolt, Szabados László, Takács Sándor, Törös Endre, Zeke László

A kismélységű fúrólukak közötti szeizmikus átvilágítás gyakorlati haszna nyilvánvaló. Jobb felbontóképességet érhetünk el, a tomográfikus sebesség- és abszorpciós térképek új információt jelentenek a felszíni szeizmikus mérésekhez képest. A dinamikus közetparaméterek in-situ meghatározásának egyedül lehetséges módja ugyancsak a longitudinális és transzverzális testhullámok terjedési sebességének fúrólukak közötti mérésén alapul. A fejlesztést indokolja továbbá az is, hogy a kismélységű fúrólukak vagy a mérnökgeofizikai szondázások után visszamaradó fúrások eddig elvesztek a szeizmikus információszerzés számára, éppen az eszközök és a módszer hiánya miatt.

A 20–30 m mélységű (és egymástól kb. ugyanilyen távolságra lévő) fúrólukak közötti szeizmikus információszerzés megvalósítását tűztük ki célul elsőként. Az ilyen fúrólukak jellemzője, hogy kis átmérőjű, zömmel száraz fúrások, amelyek beomolhatnak, kavernásodhatnak. A laza üledékes kőzetekben fúrt lyukakat vékonyfalú PVC csővel beléscsővezve tesszük alkalmassá a szeizmikus mérésre. A beléscső és a kőzet közötti gyűrűs teret a jó mechanikai csatolás érdekében a talajvízszint felett cementálni kell. Ugyancsak a jó mechanikai csatolást szolgálja az adó és vevő szondák falhoz szorítása. A szeizmikus hullámok forrása fúrólukkímélő, gyorsan ismételhető és nagyfrekvenciás kell legyen. A vevőoldalon követelmény a több geofonból álló szondafűzér kialakítása, mert ha egy rezgéskeltéshez több csatorna (sugárút) is tartozik, a rezgéskeltések száma csökkenthető. A vevőszonda lehet az olcsóbb hagyományos geofon, vagy az irányérzékenyebb piezoelektromos érzékelő. A feladatok döntő többségénél elegendő a mérnökseizmikus célra kialakított szeizmikus adatgyűjtő berendezés alkalmazása. A kismélységű fúrásokban történő mérések céljára egy hullámgenerátort (sparkert) és két szondafűzért fejlesztettünk ki.

Az *SpD1 típusjelű nagyfeszültségű generátor* (55. ábra) 24 V-os akkumulátorról üzemel. Bekapcsoláskor a generátor 500 μ F, 3000 V-os kondenzátorának feszültsége addig nő, míg eléri az előre beállított szintet. A műszer kimenete egy szikraszonda, amelyen keresztül a kondenzátor energiája elektromosan vezető közegben kisül. A 43 mm átmérőjű szondafej cserélhető, a csatlakozó kábel hossza 30 m. A forrás szeizmikus energiája kb. egy emberi kalapácsütésnek felel meg, domináns frekvenciája 400 Hz körüli.

A *CH-3K típusjelű szonda* (56. ábra) alkalmas a becementált 50 mm átmérőjű PVC csőben, vagy más, hasonló átmérőjű, állékony fúrólukban történő szeizmikus észlelésre. A szondafűzér 5 szondatagból áll, egyenként 3 komponenses, az egyes szondatagok távolsága 0,5 m. Az érzékelők 40 Hz-es sajtárfrekvenciájú geofonmagok. A szondák pneumatikusan falhoz szoríthatók, nyitott állapotban 43 mm átmérőjűek.



55. *ábra.* Az SpD1 jelű szeizmikus generátor (sparker)

Fig. 55. SpD1 type seismic generator (sparker)

рус. 55. Сейсмический генератор типа SpD1 (спаркер)

56. *ábra.* A CH-3K típusjelű háromkomponenses geofonfűzér

Fig. 56. CH-3K type three component geophone string

рус. 56. Трехкомпонентная цепочка сейсмоприемников типа CH-3K

57. *ábra.* A PH1 típusjelű hidrofonfűzér

Fig. 57. PH1 type hydrophone string

рус. 57. Цепочка гидрофонов типа PH1

2. 1. 7 Sonde developments for seismic cross-hole measurement

Endre Törös, László Hermann, Zsolt Prónay, László Szabados, Sándor Takács, László Zeke

The practical advantage of seismic cross-hole measurements between shallow holes is obvious. A higher level of resolution and new information can be gained from tomographic velocity and absorption maps in comparison with seismic surface measurements. In situ determination of dynamic rock parameters can only be carried out by using velocity data of longitudinal and transversal body waves between boreholes. A further reason for this development is that shallow boreholes or holes used for engineering geophysical tests can now be exploited to a greater extent to get more seismic information.

The first step to be realized was the acquisition of information from boreholes between 20 and 30 m deep (with the same distances between them on the surface). These boreholes are generally of small diameter and the majority of them are dry, and are thus exposed to destruction by becoming cavernous. These boreholes can be made suitable for seismic tests by casing them with thin-walled PVC tubes. The concentric circular space between the casing and the rock wall should be cemented above water level for good mechanical coupling. For the same reason the transmitter and receiver sondes should be clamped to the wall. A repeatable and high frequency source is needed which does not damage the hole. On the receiver side a string can be used consisting of several sensors to reduce the required number of repeated impulse generations. As receiver sonde, conventional geophones or direction-sensitive piezoelectric sensors can be used. For the majority of experiments engineering seismic acquisition equipment seems to be sufficient. For shallow experimental work a wave generator (sparker) and two sensor strings were developed.

The *SpD1-type high voltage generator* (Fig. 55) is fed by a 24 V accumulator. The condenser of 500 μF , 3000 V will produce an increasing voltage until a preset value. The output is a sparker sonde where the energy of the condenser discharges into the electrically conductive medium. The 43 mm diameter sonde head is changeable, the connecting cable length is 30 m. The seismic energy of the source is approximately equivalent to a hammer strike by a human. The dominant frequency is about 400 Hz.

The *CH-3K type sonde* (Fig. 56) can be used in 50 mm diameter PVC tubes or in shallow wells of similar diameter. The string consists of 5 members, each of them having 3 components; the distance between each member is 0.5 m. The sensors are of 40 Hz natural frequency geophones. The sondes can be clamped pneumatically to the wall, their diameter in the open state is 43 mm.

The *PH1 type sonde* (Fig. 57) filled with oil, contains 11 hydrophone sensors. In fluid-filled wells these can be used for one component registrations. The distance between the sensors is 0.5 m, the sonde-wall is a flexible plastic tube with a diameter of 43 mm.

A PH1 típusjelű szondában (57. ábra) 11 db, műszerolajban úszó hidrofonszondával van. Folyadékkal telített fúrólyukakban egykomponenses felvételek készítésére alkalmas. Az érzékelők távolsága 0,5 m, a szondafal hajlékony műanyagcső, külső átmérője 43 mm.

A 58. ábrán bemutatott felvétel része egy fúrólyuk-átvilágítási célú mérés-sorozatnak. Forrásként a bemutatott sparkert, vevőként a PH1 szondát alkalmaztuk. A sparkerral 20 m-es állandó mélységben 10 egymás utáni rezgéskeltést végeztünk. A rezgéskeltések közötti időben a forrástól kb. 25 m-re lévő, vízzel telített fúrólyukban a vevőszondát elmozdítottuk úgy, hogy folyamatos szelvényképet kapjunk. A felvételek az ESS 01-24M műszerrel készültek.

A szeizmogram alapján az eszközök alkalmasak a sekélymélységű fúrólyuk-átvilágítás céljaira. Ugyanakkor értelmezésük és a teljes hullámkép tomográf feladatú feldolgozása egy sor új, a továbbiakban megoldandó problémát vet fel.

58. ábra. Felvétel fúrólyuk-átvilágítási mérésekből

Fig. 58. Seismogram of cross-hole experiments

рис. 58. Запись межскважинного просвечивания



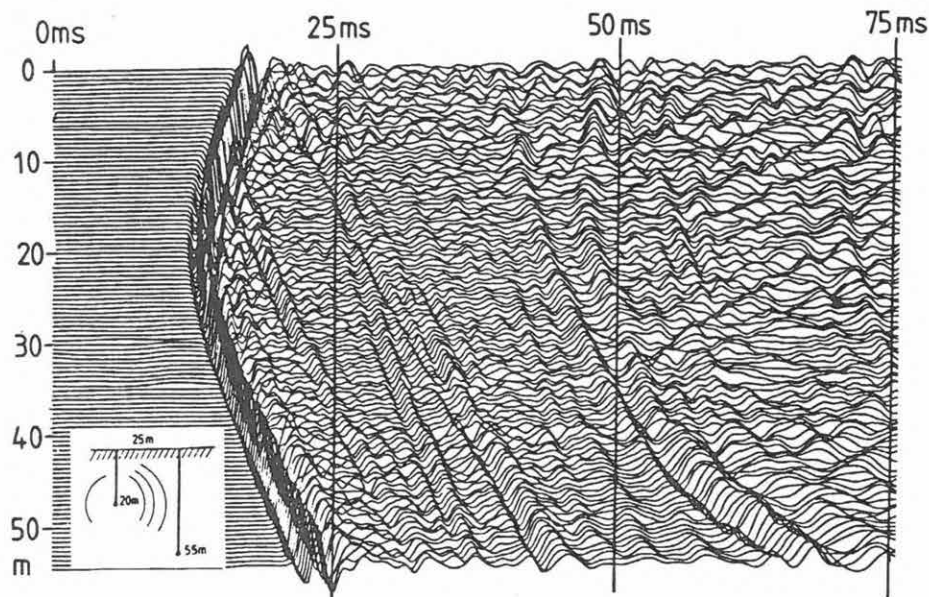
2. 1. 8 A "GTS-150" geofon paraméter ellenőrző műszer

Kengyel Miklós, Kútvölgyi Ferenc

A geofonok paramétereinek rázópad nélküli gyors meghatározására és ellenőrzésére fejlesztettük ki a GTS-150 műszert (59. ábra). A műszer alkalmas terepi csoportok bázisán vagy központi karbantartó laboratóriumokban a sebességérzékeny egyedi és csoportos geofonok egyenáramú ellenállásának, impedanciájának, saját frekvenciájának, csillapításának, torzításának, érzékenységének és szigetelési ellenállásának mérésére. A mért adatokat hét szegmensű kijelzőkön látjuk, de a beépített nyomtatón sorszámozott vizsgálati jegyzőkönyv is készíthető. A mikroprocesszor vezérlésű berendezés teljesen automatikusan méri a paramétereket. Az eljárások (funkciók) a következők:

Egyenáramú ellenállás mérés az összehasonlítás elvével. A méréshatár váltása automatikus. A mérés felbontása 0,1 illetve 1 ohm.

Váltóáramú ellenállás (impedancia) mérése szintén az összehasonlítás elvével, hasonlóan az egyenáramú ellenállás méréshez. A mérést a geofon önfrekvenciájára beállított váltakozó árammal végezzük úgy, hogy a szinuszos jel 90°-os



The registration seen on *Fig. 58* forms a part of a cross-hole experiment series. The source is the above-mentioned sparker while the receiver is a PH1 sonde. At a constant depth of 20 m the sparker released 10 consecutive impulses. During the time intervals between impulses in a water filled shallow well — about 25 m distance from the source — the receiver sonde was moved to get a continuous section. The registrations were made by ESS 01-24M equipment.

On the basis of the seismogram it can be seen that the equipment detailed can conveniently be used for cross-hole measurements. Nevertheless the interpretation and the processing of the whole cross-hole wavefield raise further problems.

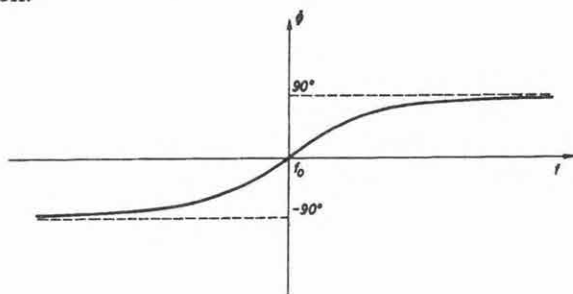
2. 1. 8 The 'GTS-150' geophone tester

Miklós Kengyel, Ferenc Kútvolgyi

The GTS-150 was developed for the checking and quick determination of geophone parameters without shakatables (*Fig. 59*). The equipment provides a means for routine testing of velocity-sensitive geophones and groups in the laboratory and the field, measuring direct current resistivity, impedance, natural frequency, damping, distortion, sensitivity and insulation resistivity. The mea-

csúcán mintát veszünk. A méréshatár-váltás itt is automatikus. A felbontás 0,1 illetve 1 ohm.

Önfrekvencia mérése. A geofon önfrekvenciáját fokozatos közelítéses eljárással vezérelt szinuszgenerátorral határozzuk meg. Ez a generátor 3–150 Hz között 0,01 Hz lépésekben képes meghajtó jelet előállítani. A mérés a geofon fázisviszonyainak vizsgálatán alapul (60. ábra). A gerjesztő jelet és a geofon válaszjelét egy fáziskomparátor áramkörre vezetjük, melynek kimenete vezérli a szukcesszív approximációs regisztert. A gerjesztő frekvenciát addig változtatjuk, míg az A/D konverter mind a 14 bitjét be nem állítottuk a geofon önfrekvenciájának megfelelően.



60. ábra. A geofon fázismenete a rezonancia környezetében

Fig. 60. Phase characteristics near to resonance

рис. 60. Фазовый ход сейсмоприемника в обстановке резонанса

Csillapítás mérése. Meghatározása a következő formula szerint történik:

$$B_i = \frac{\ln A_1/A_2}{\sqrt{\pi^2 + (\ln A_1/A_2)^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

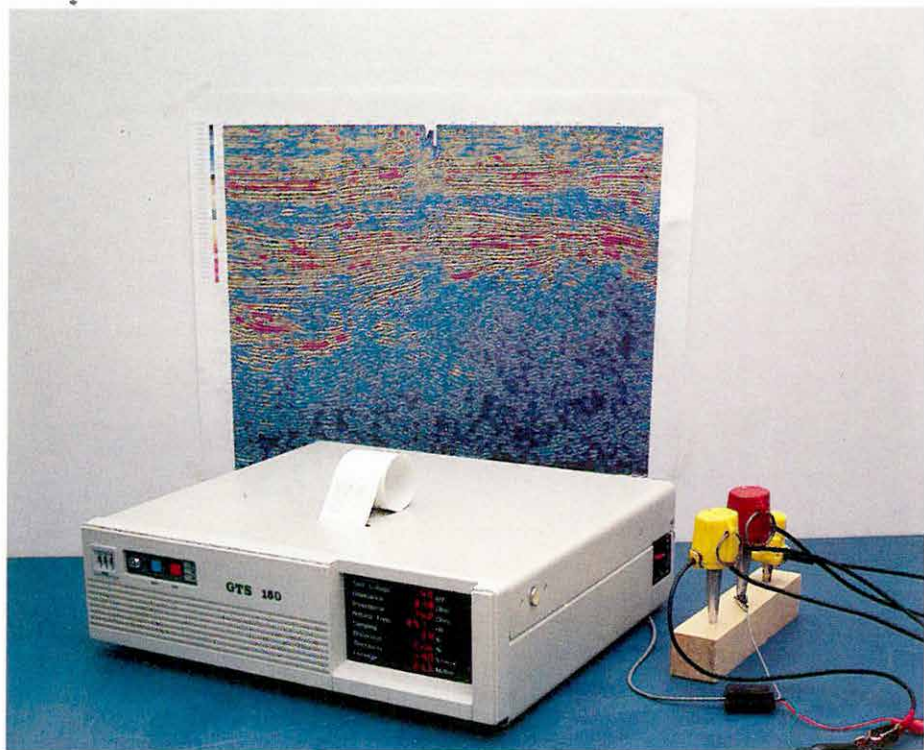
ahol A_1 és A_2 egymásra következő amplitúdók (61. ábra).

Az A_1 és A_2 amplitúdó értékek megállapításához a geofont önfrekvenciáján gerjesztjük, majd a gerjesztést lekapcsolva megmérjük az A_1 amplitúdó értékét. Az erősítés értékét addig szabályozzuk, mígnem az A_1 amplitúdó egységnyi nem lesz. Ezután megmérjük az A_2 amplitúdó értékét. Egy PROM-ban rögzített táblázatból az egységnyi A_1 értékhez tartozó A_2 különböző értékei szerint a fenti képlet alapján közvetlenül az aktuális B_i csillapításértéket olvasunk ki.

Torzítás mérése. A torzítás meghatározása a kis torzításokra (<10 %) érvényes közismert formula szerint történik:

$$K_2 = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

ahol U_0 az alapharmonikus amplitúdója és $U_1 \dots U_n$ a felharmonikusok amplitúdója. A gerjesztett geofon válaszjeléből és egy rendkívül kis torzítású digitális



59. ábra. Geofon paraméter ellenőrző műszer

Fig. 59. Geophone tester

рис. 59. Фотография прибора по проверке параметров сейсмоприемников

sured parameters are indicated by a seven-segmented indicator, and a serially numbered protocol is given by an incorporated printer. The microprocessor driven device automatically measures the parameters. The functions are as follows:

Measurement of direct current resistivity by the comparison principle. Limit changes are automatic. Resolution: 0.1 and 1 ohm.

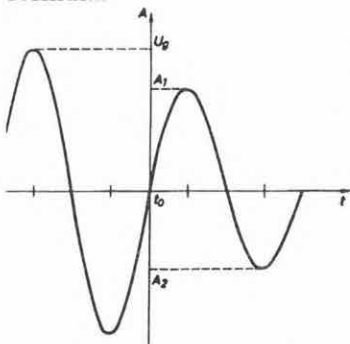
Measurement of AC resistivity (impedance) by the comparison principle similar to DC resistivity measurement. The measurement is made by an AC current where the frequency is the natural frequency of the geophone. Samples are taken from peak amplitude values of the 90° sinusoidal signal. The change of the measuring limit is also automatic. Resolution: 0.1 and 1 ohm.

Measurement of the natural frequency. A method of successive approximation is used. The driving signal is fed by a sine wave generator in the 3–150 Hz range by 0.01 Hz steps. This test is based on the analysis of phase characteristics (Fig. 60). Driving and response signals are fed to a phase comparator circuit. Its output drives the approximation register. The driving frequency is changed until it fits all the 14 bits of the A/D converter in accordance with the natural frequency.

Measurement of damping. Its determination is carried out by the following formula:

$$B_t = \frac{\ln A_1/A_2}{\sqrt{\pi^2 + (\ln A_1/A_2)^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

where A_1 and A_2 are consecutive amplitude values (Fig. 61). To determine A_1 and A_2 values the geophone is driven by its natural frequency and A_1 is measured. Then the amplitude value will be regulated until the value of A_1 becomes unity, after which the value of A_2 is measured. The actual damping value (B_t) is given by a programmable ROM table in conformity with the values of A_2 using the above formula.



61. ábra. A csillapítás meghatározása az amplitúdóviszonyok alapján

Fig. 61. Determination of damping by amplitude relations

рис. 61. Определение затухания на основании амплитудных соотношений

Measurement of distortion. Distortion determination is carried out by the well known formula valid for small values of distortions:

$$K_2 = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

szinuszgenerátor alapjeléből hibafeszültséget képezünk. Ezt a feszültségértéket erősítjük és értékét meghatározzuk. A megfelelő súlyozás után az A/D kimeneti bit kombinációja a K_2 torzítás értékét adja.

Az *érzékenység meghatározása* a már mért, illetve gyári katalógusokban rendelkezésre álló paraméterek alapján történik. Az érzékenység számításának alaképlete (például SH-100 Service Manual, Sensor Nederland, 1988)

$$G = \sqrt{2\pi \cdot \frac{f_0 m A_1}{I}} \exp \left(\frac{\arctg(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{2\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right)$$

ahol A_1 az amplitúdó, I az áram, B_t a csillapítás, m tömeg és f_0 a rezonancia-frekvencia. A fenti formula a

$$G = \sqrt{\frac{a_0 f_0 n Z_0 m}{a_1}} y(B)$$

alakra hozható, ahol

a_0 és a_1 — a csillapításmérésnél szereplő alap és az A_1 normálásához beállított erősítésértékek,

f_0 — a rezonancia-frekvencia,

n — a mérésben résztvevő geofonok száma (csoportgeofonok esetén),

Z_0 — a geofon impedanciája,

m — a lengő tömeg súlya és

$$y(B) = 2\pi \exp \left(\frac{\arctg(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right)$$

Az $y(B)$ értékeit a csillapításméréshez hasonlóan egy PROM-ba égetett táblázat tartalmazza. Az n és m értékét a felhasználónak kell megadnia.

A *szigetelési ellenállást* a geofontekercs és egyéb szerelvényei közt egyen-árammal, feszültségosztásos eljárással mérjük meg.

Vizsgáló feszültség beállítás. A felhasználó az adott terepi viszonyoknak megfelelő jeltartományban működteti, azaz vizsgálja a geofont. A teljes tartomány szélesebb, mint a geofonok működési tartománya, ezért a beállítás esetleg csak több próbálkozás után sikerül. Lehetőség van a vizsgáló feszültség automatikus beállítására. Ilyenkor a mérés a geofon számára elviselhető maximális meghajtás mellett történik, ami a jel/zaj viszony javulása miatt a mérés pontosságát is előnyösen befolyásolja.

where U_0 is the amplitude value of the fundamental harmonic, $U_1...U_n$ are the upper harmonic values. An error voltage is produced by the response signal of the geophone and by the base signal of a small distortion sine generator. This error voltage is amplified and measured. After approximate weighting the A/D output bit combination provides the K_2 distortion value.

Determination of sensitivity is carried out by already measured parameters or by parameters provided by the instrument manual. The fundamental formula to calculate sensitivity (e.g. SH-100 Service Manual, Sensor Nederland, 1988) is given as

$$G = \sqrt{2\pi \cdot \frac{f_0 m A_1}{I}} \exp \left(\frac{\arctan(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{2\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right)$$

where A_1 is for amplitude, I for current, B_t for damping, m for mass and f_0 for the resonance frequency. The above formula can be written as

$$G = \sqrt{\frac{a_0 f_0 n Z_0 m}{a_1}} y(B)$$

where

a_0 and a_1 are basic values for the damping measurement and amplification values for the normalization of A_1 ,

f_0 — indicates the resonance frequency,

n — gives the number of geophones (in the case of geophone patterns),

Z_0 — indicates the impedance,

m — indicates the weight of the swinging mass and

$$y(B) = 2\pi \exp \left(\frac{\arctan(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right)$$

$y(B)$ values are given by a programmable ROM table. The n and m values are given by the user.

The insulation resistivity between the geophone coil and the other components is measured by direct current method using the voltage divider procedure.

Setting of test voltage. The user may carry out the tests in accordance with the most favourable field conditions by employing a convenient signal domain. The available signal domain is wider than the geophone performance range so the best setting of the signal level can be realized by several trials. In this case the test is done by a supportable maximum voltage level favourable for the enhancement of the signal-to-noise ratio and for the precision of the test.

A GTS-150 geofonvizsgáló műszaki adatai:

Mérési eljárás	Tartomány	Felbontás	Pontosság
DC ellenállás	20-16000 ohm	1 ohm	0,5%
AC ellenállás	20-16000 ohm	1 ohm	0,5%
Önfrekvencia	3-150 Hz	0,01 Hz	0,1%
Csillapítás	0-87%	0,5%	0,5%
Torzítás	0-10%	0,01%	0,1%
Érzékenység	0-1000 V/m/s	0,1 V/m/s	1%
Szigetelés	0-15,5 Mohm	0,1 Mohm	5%
Mérési idő	5-20 s (frekvencia függő)		
Táplálás	220 V/50 W, 50 Hz		
Súly	10 kg		
Méret	50x18x40 cm		

Technical data of the GTS-150 geophone tester:

Test procedure	Range	Resolution	Accuracy
DC resistivity	20-16000 ohm	1 ohm	0.5%
AC resistivity	20-16000 ohm	1 ohm	0.5%
Natural frequency	3-150 Hz	0.01 Hz	0.1%
Damping	0-87%	0.5%	0.5%
Distortion	0-10%	0.01%	0.1%
Sensitivity	0-1000 V/m/s	0.1 V/m/s	1%
Insulation	0-15.5 Mohm	0.1 Mohm	5%
Testing time	5-20 s		
Power supply	220 V/50 W, 50 Hz		
Weight	10 kg		
Size	50x18x40 cm		

2. 2. 1 A mérnökgeofizikai szondázó berendezés fejlesztése

Fejes Imre, Gyenge László, Stickel János

A mérnökgeofizikai szondázás (MGSz) módszere az utóbbi években egyre jobban tért hódít, elsősorban a környezetvédelemmel kapcsolatos földtani problémák szaporodása miatt. Az ilyen mérések eredményeiről az Évi Jelentésben rendszeresen beszámoltunk. Az alábbiakban a mérnökgeofizikai szondázó berendezések fejlesztéséről adunk áttekintést. Célunk volt a termelékenység növelése, minél több kiegészítő szolgáltatás nyújtása és az emberi munka minél nagyobb arányú gépi kiváltása. A beszerzési lehetőségek szélesedése lehetővé tette, hogy külföldi cégek által már kifejlesztett korszerű egységeket készen adaptáljunk rendszerünkbe.

A központi egység fejlesztése

Az újonnan konstruált *központi mérő és feldolgozó egység* képes az összes meglévő mérődetektor (mélységjeladó, nyomásdetektorok és sugárázsmérők) vezérlésére és jeleinek fogadására. Blokkvázlatát az 62. ábrán mutatjuk be. Ez az egység az adatokat memóriában tárolja, korszerű adathordozón (mágneselem) rögzíti, már a mérés során képernyőn grafikus formában megjeleníti. Az előre betáplált hitelesítési adatok és a földtani képződményekre vonatkozó alapadatrendszer segítségével a mérés helyszínén megtörténhet az adatok feldolgozása: a harántolt mélységtartomány rétegekre bontása, a rétegparaméterek kiszámítása és a rétegminősítés. Mivel terepi körülményeket elviselő nyomtatót illesztettünk az egységhez, a mérési eredmények, tehát a paramétergörbék és a táblázatos formában összeállított rétegsorok a helyszínen, maradandó formában is megjeleníthetők ha erre szükség van, és a terepi körülmények ezt megengedik. A blokkvázlaton az alapegységeken kívül feltüntettük a rendszerhez csatlakoztatható kiegészítő egységeket, amelyek a mért adatok dokumentálását és továbbítását szolgálják.

2. 2 GEOELECTRIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

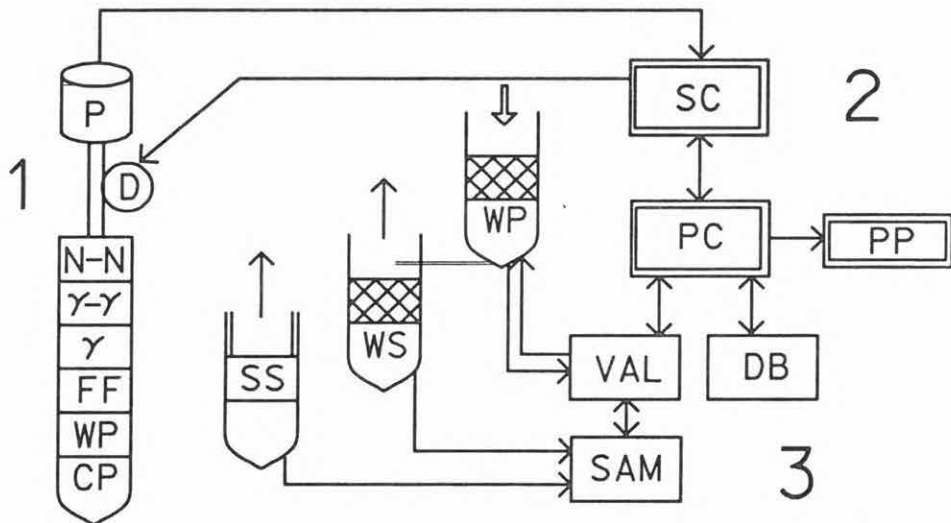
2. 2. 1 Development of engineering geophysical sounding equipment

Imre Fejes, László Gyenge, János Stickel

In recent years the engineering geophysical sounding (EGS) method has become increasingly spread first of all because geological problems connected with protection of the environment have increased. The results of such measurements have regularly been published in our Annual Reports. In the following the development of engineering geophysical sounding equipment will be summarized. Our aims were: to increase productivity, to offer as many additional services as possible and to replace human effort with computer work on the largest possible scale. The opening-up of import possibilities has allowed us to adapt up-to-date units developed by foreign firms.

Development of the central unit

The newly constructed *central acquisition and processor unit* is able to control all the existing sensors (depth indicator, pressure detectors and radiation probes) and to receive their signals. Its block scheme is shown in *Fig. 62*. This unit stores the data in a memory, records them on a modern data carrier (floppy disc) and displays them graphically on the screen during the measurement. With the help of prerecorded calibration data and of a basic data set relating to geological formations, the data processing can be performed on site. It comprises taking the penetrated depth interval to layers, the determination of layer parameters, and qualification of the layers. A ruggedized printer is fitted to the unit; this means that the results (the parameter logs and the layer sequences given in tabulated form) can be printed on-site if necessary and if the field conditions allow it. The block scheme shows — besides the basic units — additional units of the system which perform documentation and the pass on the measured data.



Az egység egy HALIKAN gyártmányú, laptop kivitelű IBM XT kompatibilis számítógép köré épített adatgyűjtő (63. ábra). A szondák jeleinek fogadását a gép adatbuszára illesztett csatolóáramkörök biztosítják. A rendszer terepállóságát RAM/ROM virtuális lemezegység beépítésével növeltük.

A *felszíni mérésvezérlő program* attól a pillanattól, hogy ráállnak a pontra, a szondák kihúzásáig összegyűjti a mérési adatokat, segítséget ad a kezelőknek és elmenti az adatokat. A mérés során a képernyőn nyomon lehet követni a szonda helyét és látni lehet az összes csatornán bejött eredményeket.

A *szelvénytérképező program* arra szolgál, hogy az egyes pontok adatait összegyűjtve mért és számított adatokat rajzoljon ki szelvénytérképező formában. A rajzolás most plotterre történik, de készül a színes és a fekete-fehér nyomtatós változat is. Természetesen a kirajzolandó szelvény elkészülte előtt van lehetőség az ellenőrzésre a képernyőn is.

62. ábra. A mérnökgeofizikai szondázás egyszerűsített blokkvázlata.

1— *Mérnökgeofizikai szonda*: P — nyomásérzékelő a hidraulikus lesajtolóban; D — lehaladásérzékelő; N-N — neutron-neutron detektor; γ - γ — gamma-gamma (sűrűség) detektor; γ — természetes aktivitás detektor; FF — köpenysűrűlódás-mérő; WP — pórusvíznyomás-mérő; CP — csúcsnyomás-mérő; SS — szelektív talajmintavevő; WS — szelektív vízmintavevő; WP — vízvezetőképesség-meghatározó szonda. 2— *Felszíni egység*: SC — vezérlő és adatátalakító; PC — terepi laptop számítógép/adatgyűjtő; PP — nyomtató-rajzoló egység. 3— *Feldolgozás*: DB — adatbázis a kiértékeléshez; VAL — a litológia és a talajmechanikai paraméterek számításai; SAM — talaj és vízminták elemzése

Fig. 62. Simplified block diagram of engineering geophysical soundings

1— *The engineering geophysical probes*: P — pressure indicator in the hydraulic stamp-er; D — depth transducer; N-N — neutron-neutron, γ - γ — gamma-gamma; γ — natural gamma detectors; FF — friction force; WP — water pore pressure; CP — cone resistance transducers; SS — selective soil sampler; WS — selective water sampler; WP — probe for water permeability test. 2— *Surface unit*: SC — signal controller and interface; PC — field laptop computer/data collector; PP — printer/plotter. 3— *Interpretation*: DB — data base for interpretation; VAL — calculation of lithology and soil mechanical parameters; SAM — soil and water sample analysis

рис. 62. Упрощенная блок-схема инженерно-геофизического зондирования

1— *Инженерно-геофизический зонд*: P — датчик давления в гидравлике; D — датчик движения вниз; N-N — датчик нейтронов; γ - γ — датчик гамма частиц для плотностной ГГК; γ — датчик гамма частиц для ГК; FF — датчик для измерения скольжения по корпусу; WP — измеритель давления поровой воды; CP — измеритель пикового давления; SS — устройство для селективного отбора грунтовых проб; WS — устройство для селективного отбора проб воды WP — зонд для определения водопроводимости. 2— *Поверхностный блок*: SC — управление процессом и преобразование данных; PC — полевой лэптоп компьютернакопитель данных; PP — принтер-плоттер. 3— *Обработка*: DB — база данных для интерпретации; VAL — расчет литологии и механических параметров; SAM — анализ грунтовых и водных проб

The unit itself is a data acquisition system built around a HALIKAN made IBM XT compatible laptop computer (Fig. 63). Signals are received from the probes by connection circuits fitted to the data bus of the computer. The ruggedization of the system is increased by applying a RAM/ROM virtual disc unit.

The program controlling the measurements collects the measuring data, helps the operator and saves the data — from arriving to the site till pulling the sondes out. During the measurement the position of the probe can be traced on the screen and the data of all channels can be seen.

The program used for constructing cross sections serves for drawing cross sections from measured and calculated data, based on collected data of individual points. The section can now be drawn by plotter; a version with a black-and-white or colour printer is under construction. Prior to completing of the file to be drawn, there is of course the possibility of checking it on the screen.

Mint ismeretes, a mérnökgeofizikai szondázásnál a detektorok talajba juttatása hidraulikus berendezéssel, a mérőszár lenyomásával történik. Az érzékelőket vagy a szár alsó végére szerelt mérőfejben helyeztük el, vagy a lenyomás befejezése után annak belsejében mozgatott szondákban kaptak helyet.

A vizsgálat során elérhető mélység a helyi földtani adottságokon kívül nagymértékben függ a hidraulikus berendezés maximális nyomóerejétől és az ennek ellentartó horgonyerőtől. A munkahengerek geometriai méreteinek megfelelő kiválasztásával (azonos üzemi olajnyomás mellett) különböző erejű berendezések hozhatók létre. Intézetünk 60 kN és 200 kN közötti maximális nyomóerejű lenyomó egységekkel rendelkezik, melyek fajtájuktól függően 1, 2, 4, vagy 8 horgonnyal rögzíthetők a talajhoz. Bizonyos esetekben a hordozó jármű súlya is hozzáadódik az ellenerőhöz.

A berendezéseket tömegüktől és fajtájuktól függően könnyű terepjáró személygépkocsin, utánfutón rögzített módon, vagy tréleren szállított önjáró erőgépen juttatjuk el a mérési pontra. A jelenleg gyártott berendezéseink adatait a táblázat tartalmazza.

Berendezés fajtája	Max.nyomóerő Max.kihúzóerő	tömeg (kg)		rudazat átmérő	horgonyok száma
		nettó	bruttó		
HORDOZHATÓ (a)	60/75 kN	230	230	33 mm	2
UTÁNFUTÓS	160/120 kN	550	1300	43 mm	4
TRAKTOROS (b)	180/210 kN	310	2600	43 mm	2
LÁNCTALPAS (c)	80/110 kN	1700	1700	33,43,53	1...2

Az elmúlt időszakban készült el

- a legkönnyebb, személygépkocsiban is szállítható kéthorgonyos változat;
- egy Massey-Fergusson traktorra szerelt berendezés a Seismische Feld Services GmbH (Wathlingen, Németország) megrendelésére (64. ábra);
- és ekkor vásároltuk a Borros AB (Solna, Svédország) által gyártott Polhydrill hernyótalpas önjáró fúróberendezést, amely MGSz üzemmódban egy horgonyt és a gép súlyát használja ellenerőnek (65. ábra). Ez utóbbi változatok 43 mm átmérőjű szárral dolgoznak, így a teljes paramétorsor (csúcscellenállás, összegzett nyomás, természetes gamma-aktivitás, gamma-gamma térfogatsúly, neutron-nedvesség tartalom) meghatározására alkalmasak.

Kiegészítő szolgáltatásként lehetőségünk van akár talajminták vételére, akár rétegszelektív vízmintavételre, valamint a k -tényező víznyeletéssel történő meghatározására. Az év folyamán készült el a folyamatos talajmintavevő. Használata



63. *ábra.* A mérnökgeofizikai szondázó berendezés számítógépe

Fig. 63. Field computer of the geophysical engineering sounding system

рис. 63. ЭВМ оборудования для инженерно-геофизического зондирования

64. *ábra.* Traktorra épített berendezés

Fig. 64. Tractor-mounted system

рис. 64. Оборудование, смонтированное на тракторе

65. *ábra.* A mérnökgeofizikai szondázó berendezés, a Polhydrill lánctalpas fúrógépre szerelve

Fig. 65. Caterpillar-mounted geophysical engineering sounding system

рис. 65. Оборудование для инженерно-геофизического зондирования, смонтированное на гусеничном буровом станке

During engineering geophysical sounding, it is well known that the detectors are pressed into the soil in a non-destructive way, using a hydraulic system. The sensors are located either in a measuring tool placed at the lower end of the rod or — after finishing the mechanical pressing — in probes moving inside the rod.

The attainable depth of investigation very much depends on the maximum pressing power of the hydraulic system and on the anchor power counterforcing the pressing power (besides the local geological conditions). Using working cylinders of various sizes, rigs of differing capacity can be constructed (at the same oil pressure). We possess hydraulic systems with a maximum pressing power of 60 to 200 kN; these can be fixed to the soil with 1, 2, 4 or 8 anchors, depending on the type. In several cases the weight of the vehicle is added to the counterpower.

The measuring systems are carried to the site on a lightweight cross-country vehicle, or on a trailer or on a caterpillar transported on a trailer — depending on the weight of the system and type. For data of the present systems see the Table below.

Kind of the system	Max. pressing Max. pulling	Mass (kg)		Rod diameter	An- chors
		net	gross		
PORTABLE (a)	60/75 kN	230	230	33 mm	2
TRAILER	160/120 kN	550	1300	43 mm	4
TRACTOR (b)	180/210 kN	310	2600	43 mm	2
CATERPILLAR (c)	80/110 kN	1700	1700	33,43,53	1...2

In the most recent period, the following versions were manufactured:

- (a) the lightest version with 2 anchors, transportable in a car;
- (b) equipment mounted on a Massey-Ferguson type tractor, ordered by Seismische Feld Services GmbH (Wathlingen, Germany) (Fig. 64);
- (c) a further version is also available; this is a Polhydrill type caterpillar-mounted drilling rig manufactured by Borros AB (Solna, Sweden). In EGS mode of operation, one anchor and the weight of the vehicle is used as a counterpower (Fig. 65). In the last two versions, rods of 43 mm diameter are employed so they are able to determine the total complex of parameters (cone pressure, total pressure, natural gamma activity, gamma-gamma bulk density, and water content determined by neutron method).

As an additional service, either soil samples or layer-selective groundwater samples can be taken and the in-situ filtration coefficient can be determined by measuring the time necessary for the flowing out of a known amount of water from a tank into the layer, as well. Last year the continuous soil sampler was completed. During its use, there is no need to withdraw and then to again insert the whole rod:

során nincs szükség a teljes mérőszár ki- és beszerelésére, csupán a mintát tartalmazó kapszula és a reteszelő szerkezet "utazik" fel és le a mérőszár belsejében.

A feldolgozó eljárások fejlesztése

A mérési adatok feldolgozása személyi számítógépen történik. A régebben már ismertetett [ELGI 1985. Évi Jelentése pp. 98–100] feldolgozási folyamatban most lehetővé vált a rétegminősítés során használt alapadatrendszer megváltoztatása, illetve a mérési terület helyi földtani sajátosságait figyelembe vevő területi alapadatrendszer létrehozása és alkalmazása. Ehhez egy-egy új mérési területen csupán néhány jól azonosítható, ismert rétegsorú fúrásra van szükség. Tapasztalataink szerint célszerűen kiválasztott 30–50 fm összhosszúságú paramétermérés (fúrás közvetlen közelében végzett szondázás) statisztikai feldolgozása már lehetővé teszi egy-egy új alapadat-blokk definiálását, amely azután a feldolgozó programból hívható.

Elkészült a paraméterszelvények rajzolását lehetővé tevő program, amely a lemezen tárolt mérési adatokból a betáplált x és z koordináták (hely- és magasság-adatok) alapján kívánt horizontális és vertikális léptékű színes ábrát szerkeszt. Ezen a három legfontosabb paraméter (csúcsellenállás, természetes gamma-aktivitás és térfogatsúly) görbéi különböző színnel ábrázolva jelennek meg (lásd az 1. 4 fejezet ábráit). Az ilyen ábrák jelentősen megkönnyítik a jelalakok hasonlósága alapján történő réteggövetést.

only the tube containing the sample and the clamping equipment come up and down within the rod.

Data processing

The observed data are processed by PCs. In the data processing illustrated earlier [Annual Report of ELGI 1985, pp. 278-282] several modifications were possible by the more intelligent computer. For example, the basic data set used for layer qualification can be changed; this means that a local basic data set taking into account the local geological features of the site can be constructed and applied. Because of this, in a new survey only a few well-identified soundings with known geologic column are needed. On the basis of field tests, the statistical processing of parametric measurements (sounding in the close vicinity of well-known drillings) at specifically chosen points in a total length of 30-50 m allows us to define a new basic data set which can later be called from the processing program.

A program for drawing parametric cross sections has been completed. Based on the input horizontal and vertical coordinates (distances and altitudes), it constructs colour cross sections in arbitrary horizontal and vertical scales from data stored on disc. In these figures the curves of the three most important parameters (cone pressure, natural gamma activity and bulk density) are illustrated with different colours (see figures of section 1. 4). Figures like this facilitate layer tracing based on the similarity of signal forms.

2. 3 MÉLYFŰRÁSGEOFIZIKAI MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS

2. 3. 1 Az ELGI kútgeofizikai metrológiai bázisa

Andrássy László, Buránszky József, Dorkó Róbert, Halmos Imre, Lendvay Pál, Nagy Attila

Az intézet Kútgeofizikai Metrológiai Bázisa (KMB) nemzeti összefogással jött létre húszéves fejlesztés eredményeképpen. Olyan modellsorból és műszerparkból áll, amellyel szénhidrogén-, szilárd ásvány- és vízkutató mélyfúrásgeofizikai szondák kalibrálhatók és ellenőrizhetők.

A *radioaktív karotázsszondák (gamma-gamma, neutron-neutron)* hitelesítéséhez természetes közettömbök: mészkő, homokkő, dolomit és mesterséges modellek (különböző térfogatsúlyú beton, homokkő, szénmodellek) állnak rendelkezésre. A modellek a mérőeszközök szempontjából végtelen méretűeknek tekinthetők. Fizikai paramétereiket (sűrűség, porozitás, fotoelektromos abszorpciós index, fékezési úthossz) több, különböző közetlaboratóriumban elvégzett elemzés alapján határoztuk meg.

A közettömbök (1:1 léptékű földtani rétegmodellek) vízzel telítve, földbe süllyesztett aknába vannak telepítve. Az egymásra épített tömbökből álló rétegsorokban pontmérések és szelvényezések egyaránt végezhetők. A mészkősort kiegészíti a mátrix-korrekciónak meghatározásához szükséges dolomit és homokkő modellsor. A fúrólyukátmérő változás hatását 59, 86, 150, 214 és 300 mm-es átmérők esetében lehet vizsgálni. A sűrűségmérés esetében a sort alumínium, szén és beton modellek egészítik ki. Így a vizsgált porozitástartomány 0%-tól 39%-ig, míg a sűrűségstartomány 1 t/m^3 -tól $3,3 \text{ t/m}^3$ -ig terjed.

A *természetes gammasugárzás spektrális mérésére* szolgáló szondák vizsgálatához kálium, urán és tórium tartalmú homokokból felépített modellek állnak rendelkezésre [ELGI 1980. Évi Jelentése, pp. 105-108] Ezek koncentrációja az üledékes kőzetekben előforduló tartományt öleli fel: K 1,0% - 13,8%; U 55 ppm - 160 ppm; Th 44 ppm - 234 ppm. A modellsor 12 db 1,2 m vastag rétegből áll, melyek hármásával egymásra építve négy, 0,8 m átmérőjű tartályban helyezkednek el. A fúrólyukátmérő 86 mm, műanyaggal béléscsővezet. Száraz, vagy vízzel feltöltött fúrás egyaránt modellezhető. Az egyes rétegek szárazak és a bomláster-

2. 3 WELL LOGGING METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

2. 3. 1 Metrological Station for Well Logging

László Andrásy, József Buránszky, Róbert Dorkó, Imre Halmos, Pál Lendvay, Attila Nagy

The Metrological Station for Well Logging of ELGI was established with national cooperation as a result of a twenty-year development period. It consists of a set of equipment together with models for calibrating and testing well logging tools applied in hydrocarbon, solid mineral and water prospecting.

Natural rock blocks (limestone, sandstone, dolomite and coal models) and artificial models (concrete blocks of different density values, sandstone and coal models) are available for calibrating *radioactive (gamma-gamma, neutron-neutron) tools*. From the viewpoint of measuring tools, the models can be considered as being of infinite dimensions. Their physical parameters (density, porosity, photoelectric absorption index, slowing down path) have been determined on the basis of several analyses carried out in different rock laboratories.

The rock blocks (models of geologic layers on a 1:1 scale) are saturated with water and are located in pits shafts. Both stationary and continuous logging can be performed in sequences consisting of blocks built one onto the other. The series of limestones is completed with series of dolomite and sandstone standards necessary to determine the matrix correction. Borehole diameter effect can be determined for diameters of 59, 86, 150, 214 and 300 mm. In the case of density measurements the series is completed with aluminium, coal and concrete models. The studied porosity range extends from 0 to 39% while the density range from 1 to 3.3 t/m³.

Models made from sands containing potassium, uranium and thorium are available for examining *sondes for the spectral measurement of natural gamma activity*. [Annual Report of ELGI for 1980, pp. 177-178]. The concentration of radioactive materials covers the range occurring in the sedimentary rocks: 1.0 to 13.8% for potassium, 55 to 160 ppm for uranium and 44 to 234 ppm for thorium. The series of models consists of 12 layers, each 1.2 m thick. They are located in four containers of 0.8 m diameter, in each container there are three layers built

mékek migrációjának megakadályozására egymástól műgyanta rétegekkel vannak elválasztva.

Az *elektromos vezetőképességet mérő indukciós szondák* vizsgálatát nagyméretű sósvíz modellben végezzük el. A fúróluk körüli térség radiális inhomogenitásának modellezésére is lehetőség van. Ugyanitt végezzük el a mikroszondák és az iszapellenállásmérő szondák hitelesítését is.

Az *akusztikus szondák* ellenőrzésére szolgál az UPAK-1 berendezés. Ezzel a 110 mm-nél kisebb átmérőjű és 2800 mm-nél rövidebb szondák ellenőrzése és hitelesítése végezhető el. Az UPAK saját adó/vevő egysége segítségével külön vizsgálhatók a szonda vevő, illetve adó egységei, míg az etalonnak tekintett műanyag béléscső a szondák hitelesítésére szolgál. A sebesség (futási idő) adatok, valamint a csillapítás adott pontosságon belül ismertek.

A TOPÁZ-2 berendezés segítségével a lyukeszközök *hő- és nyomástűrésének tesztelése*, valamint a hőmérséklet és nyomásmérés kalibrációja végezhető el 150 °C hőmérsékletig és 60 MPa nyomáshatárig. A nyomáskamra hasznos (belső) átmérője 94 mm, hossza 350 mm. A nyomásmérés pontossága súlycilinderes nyomásmérővel $\pm 0,05$ %, etalon nyomásmérővel $\pm 0,25$ %. A kamrában a maximális hőmérsékletingadozás $\pm 1,5$ °C.

Az *áramlásmérő szondák hitelesítése* és megszólalási határuk bemérése az 1990-ben elkészült és üzembeállított berendezéssel végezhető el. Három különböző (94,5 mm, 155 mm és 192 mm) átmérőjű, varrat nélküli, függőlegesen beépített béléscsőben vizsgálhatók a szondák. A berendezés fő részei a gyűjtőtartály, a csőrendszer, az áramlásrendező, a keringtető szivattyú és az etalon áramlásmérők. A szivattyú maximálisan 550 l/perc egyenletes vízhozamot biztosít, és a hozam a megfelelő cső- és csaprendszer segítségével a mérőcsövekben folyamatosan szabályozható. A két etalon-műszer külön-külön mérőágba van beépítve, az egyik 10 m³/h méréshatárig, a másik az e fölötti térfogat-sebességek mérésére. A pontosságuk $\pm 1,5$ %. A mért adatok a vezérlő panelen leolvashatók liter/perc, vagy m³/h értékben. Kis hozamok mérésére egy literes beosztású köböző tartályt és időmérést használunk.

A fenti berendezések és modellek segítségével lyukeszközök és felszíni egységek stabilitása ellenőrizhető. Az egyedi szondák válaszfüggvénye meghatározható és a lyukhatás tanulmányozható. Egyedi szondák és szondatípusok számára kiértékelési függvények és kiértékelő programok adhatók meg. A szelvényező berendezések matematikai pontossággal minősíthetők. A bázis ilyen hitelesítő munkáit matematikai modellezéssel (pl. Monte Carlo módszerrel) is alátámasztjuk. Az elméleti számításokat 5 tartományra bontva végezzük el: közettömeg, a lyuk és az iszap tartománya, a szonda sugárforrásának körzete, az árnyékolás körzete és a detektor körzete. A számítások a forrásspektrum, a szondaparaméterek és a szonda geometriai helyzetének függvényében hajthatók végre. A 66. ábrán a teljes hitelesítési folyamatot mutatjuk be.

A karotázs mérőszondákhoz tartozékként a kalibrációs mérések eredményeit felhasználva terepi hitelesítő-ellenőrző etalonokat fejlesztettünk ki, melyekkel a szondának a mérés előtti és utáni ellenőrzését, szükséghelyzetben újrakalibrálását végezhetjük el.

onto each other. The plastic-cased borehole diameter is 86 mm. Both dry and water-filled drilling can be modelled. The individual layers are dry and are separated from each other by synthetic resin layers that impede the migration of decomposition products.

Induction sondes for measuring the electric conductivity are examined in a large-scale salt water model. Radial inhomogeneities of the space around the borehole can also be modelled. The micro-probes and probes measuring the mud resistivity are calibrated in the same place.

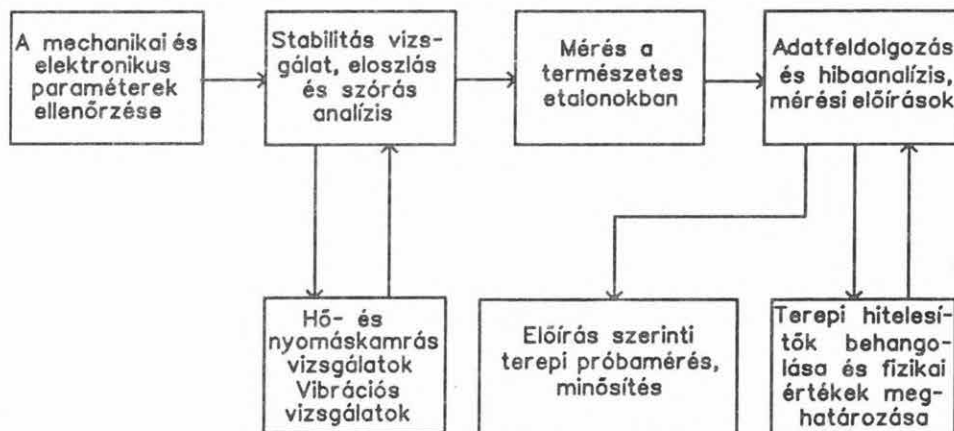
Equipment known as UPAK-1 is used to test *acoustic sondes*. This equipment serves for checking and calibrating probes of a diameter less than 110 mm and of a length below 2800 mm. With the help of the transmitter/receiver unit of UPAK, the receiver and transmitter units of the sonde can be tested separately, while the plastic casing considered as a standard is used for calibration. The velocity travel time data and the attenuation are known with a given accuracy.

The ability of the sondes to withstand temperature and pressure can be tested by TOPÁZ-2 and the temperature and pressure measurement can be calibrated up to 150 °C and 60 MPa. The useful (inner) diameter of the pressure chamber is 94 mm, its length is 350 mm. The accuracy of the pressure measurement is $\pm 0.05\%$ with the pressure gauge of the weight cylinder and $\pm 0.25\%$ with a standard one. The maximum temperature fluctuation within the chamber is $\pm 1.5\text{ }^\circ\text{C}$.

Equipment put into operation at the end of 1990 is utilized to calibrate *flowmeter sondes* and to determine their sensitivity threshold. The sondes can be tested in three vertical seamless casings of different diameters (94.5, 155 and 192 mm). The main parts of the equipment are the reservoir tank, the tube system, the flowmeter unit, the circulation pump, and the standard flowmeters. The pump provides a uniform water yield up to 550 l/min; with the help of the proper tube and tap systems the yield in the measuring tubes can continuously be regulated. The two standard measuring instruments are built in separate measuring lines; one of them works up to 10 m³/hour yield, the other one being for yields above this value. Their accuracy is $\pm 1.5\%$. The measured data can be read on the control panel in l/min or m³/hour units. A calibrated tank and time measurement are used for determining low yields.

The stability of sondes and surface units can be checked by the above models and equipment. The response function of individual sondes can be determined and the borehole effects can be studied. Evaluation functions and programmes can be given for individual sondes and sonde types. The logging equipment can be qualified with the desired accuracy. This type of calibration work is supported by mathematical modelling (e.g. the Monte Carlo method) as well. The theoretical calculations are performed separately for five domains: the rock mass, the domain of the hole and the mud, the zone of radiation source of the sonde, the shielding area and the zone of the detector. Calculations are carried on the basis of the source spectrum, sonde parameters, and the geometrical position of the probe. Fig. 66 shows the complete calibration process.

Based on the results of calibration measurements, field calibrating standards as accessories of well logging probes were developed. With their help the sondes



66. ábra. A szondahitelesítés és minősítés menete az ELGI Kútgeofizikai Metrológiai Bázisán

2. 3. 2 A rétegdőlésmérés és műszerének fejlesztése

Horváth Flórián, Kovács Józsefné, Kovács Ákos

A háromkaros rétegdőlésmérő szondát az ELGI a kisátmérőjű és kismélységű fúrásokban történő mérésekre fejlesztette ki. Az ilyen mérések célja a rétegek dőlésszögének és dőlésirányának meghatározásával a földtani formaelemek (vetők, diszkordanciák, stb.) kimutatása és szilárd ásványi nyersanyagtelepek (szén, érc) rétegződési viszonyainak vizsgálata. Ezeken kívül lehetővé teszi még a fúróluk geometriájának és ferdeségének mérését is.

A mérőrendszer felépítését a 67. ábra mutatja. A mérőszonda két részből áll; az alsó 60 mm átmérőjű rész három papucsos elrendezéssel fókuszált mikroellenállás-mérést és lyukbőség-mérést végez, a felső 43 mm-es rész a fúróluk orientációjának meghatározását végzi. Ez utóbbi önállóan, mint inklinométer, alkalmas folyamatos dőlésmérés elvégzésére.

A felszíni egység biztosítja a szonda tápellátását, a mért jelek fogadását és továbbítását a számítógéphez, elvégzi az inklináció és azimut értékek számítását és ezek regisztrálására analóg jelet szolgáltat. Ezen kívül a mért értékek regisztrálására nyomtatót csatlakoztathatunk.

can be checked before and after the measurements, they can be recalibrated if necessary.

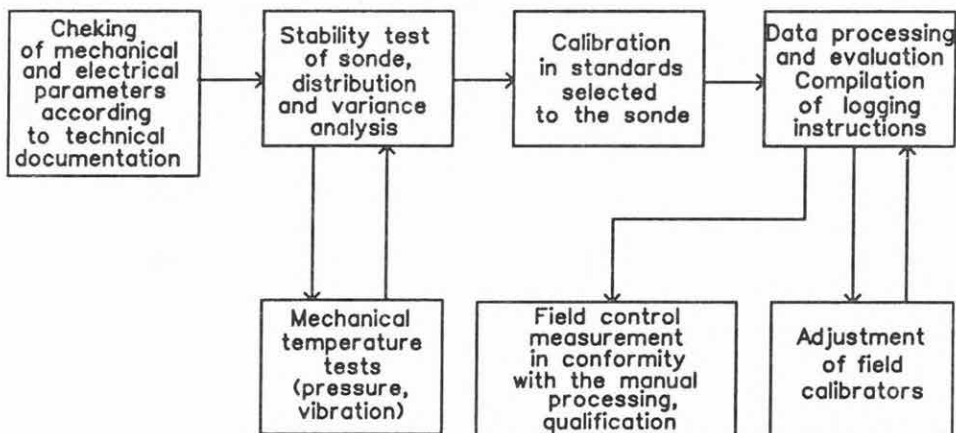


Fig. 66. Calibration and testing of sondes at the well-logging metrological centre of ELGI.

2. 3. 2 Development of a dipmeter system

Flórián Horváth, Nelly Kovács, Ákos Kovács

The KDS three-arm dipmeter sonde has been developed for working in shallow boreholes of small diameter. The aim of such measurements is to reveal the geological form elements (faults, discordances, etc) and to examine the stratification conditions of mineral deposits (coal, ores) by determining the dip angle and dip direction of the layers.

Fig. 67 shows the block scheme of the measuring system. The sonde consists of two parts: the lower part of 60 mm diameter performs focused micro-resistivity and caliper measurements with three arms, the upper part of 43 mm diameter determines the orientation of the drillhole. This latter part of the sonde can be used as an inclinometer for continuous deviation measurement.

The surface unit provides the power supply for the sonde, receives the measured signals and passes them to the computer, calculates the values of

67. ábra. A dőlésmérő blokkvázlata

1 — a bőségmérő motorvezérlése; 2 — adatátalakító; 3 — tápegység; 4 — mélységjeladó; 5 — központi egység; 6 — nyomtató; 7 — mágnesszalagos egység; 8 — 4-eres páncélkábel; 9 — ferdességmérő rész; 10 — mikroellenállás és bőségmérő rész; 11 — mikroellenállásmérő kar; 12 — távoli elektróda



Fig. 67. Block diagram of the dipmeter system

1 — motor control of the calliper section; 2 — interface; 3 — power supply; 4 — depth encoder; 5 — central processor; 6 — printer output; 7 — tape recorder; 8 — 4 conductor armoured cable; 9 — inclination section; 10 — microresistivity and calliper section; 11 — microresistivity arms; 12 — bullnose with remote electrode



рис.67. Блок-схема инклинометра

1 — управление кавернометра; 2 — преобразователь данных; 3 — блок питания; 4 — передатчик сигнала глубины; 5 — центральный блок; 6 — принтер; 7 — магнитфон; 8 — 4-х жильный бронированный кабель; 9 — инклинометр; 10 — измеритель микросопротивления и кавернометр; 11 — рычаг измерителя микросопротивления; 12 — удаленный электрод



A digitálisan rögzített adatok számítógépes feldolgozásával lehetővé vált a rétegek dőlésirányának meghatározása már egyetlen fúrásban történő mérés alapján is. A kiértékelő programrendszer az ELGI IBM 4361-es számítógépén fut.

Az irodalomban is ismert rétegdőlés-számítási módszerek közül a korrelációs technikán alapuló számítási eljárást választottuk a rétegek valódi dőlésszögének és dőlésirányának meghatározására [SCHOONOVER 1973]. A kiértékelés alapelve, hogy a három karon mért mikroellenállás görbe a mélységi eltolódásokat nem tekintve elvileg azonos alakú, azaz a párhuzamos nyomvonalak mentén készült mérések között korreláció van.

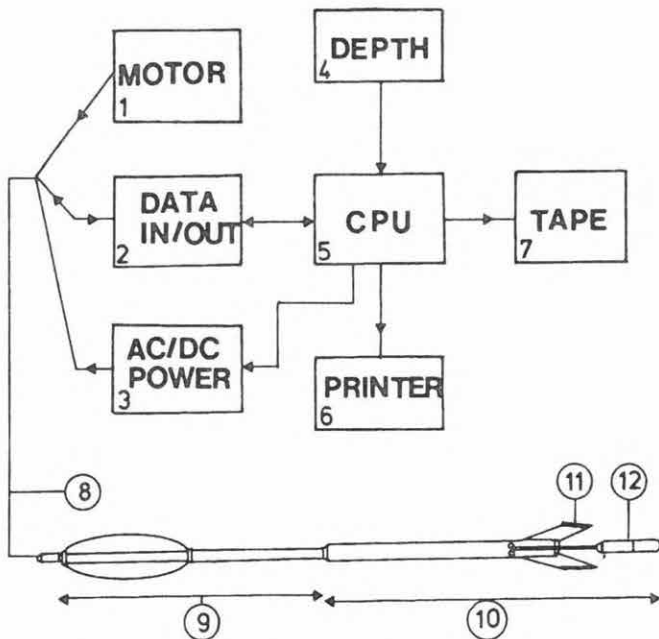
A számításhoz a normalizált keresztkorrelációs összefüggést használjuk fel:

$$C(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{WL} a_i b_{i-\tau}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{WL} a_i^2 \sum_{i=1}^{WL} b_{i-\tau}^2}} ; \quad -\frac{SL}{2} \leq \tau \leq +\frac{SL}{2}$$

ahol a_i , b_i a két görbe pontjai, WL a korrelációs intervallum, SL a keresési hossz és $C(\tau)$ a τ a eltolódáshoz tartozó korrelációs koefficiens, aminek a maximumát keressük.

Az egyik görbén kijelölve egy meghatározott korrelációs intervallumot (WL), ezt a szakaszt keressük a másik görbe egy meghatározott szakaszán. Ezt úgy találhatjuk meg, ha a korrelációs intervallumot felfelé és lefelé is megnöveljük az $SL/2$ keresési hosszal (68. ábra). A keresési hossz nagyságát a lyukátmérő és a várható maximális dőlés határozza meg. A korreláció eredménye a korrelogram.

A görbék hasonlóságának mérésére léteznek más módszerek is. Az egyik legegyszerűbb módszer az eltérések abszolút értékének számítása:



inclination and azimuth, and produces analog signal for recording them. If required, a printer can be connected in order to display the measured values.

Computerized processing of digitally recorded data allows one to determine the dip direction of the layers, even on the basis of measurements in a single borehole. The package of processing programs runs on ELGI's IBM 4361 main-frame computer.

Among the well-known procedures for computing the dip of the layers, the method based on the correlation techniques was chosen in order to determine the real dip angle and dip direction [SCHOONOVER 1973]. The basic principle of the evaluation is that the micro-resistivity logs measured on the three arms have, in principle, the same shape regardless of depth shift; in other words there is a correlation between the curves measured along parallel traces.

The normalized cross-correlation function is used for the computation, viz.

$$C(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{WL} a_i b_{i-\tau}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{WL} a_i^2 \sum_{i=1}^{WL} b_{i-\tau}^2}} ; \quad -\frac{SL}{2} \leq \tau \leq +\frac{SL}{2}$$

where a_i and b_i are points of the curve, WL is the correlation interval, SL is the searching interval and $C(\tau)$ is the correlation coefficient belonging to the τ shift, the maximum of which is searched. Having marked out a well-defined correlation

$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} |a_i - b_{i-\tau}|}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)}$$

A hasonlóság mérésére használható még az eltérések négyzetösszegének minimalizálása:

$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} (a_i - b_{i-\tau})^2}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)^2}$$

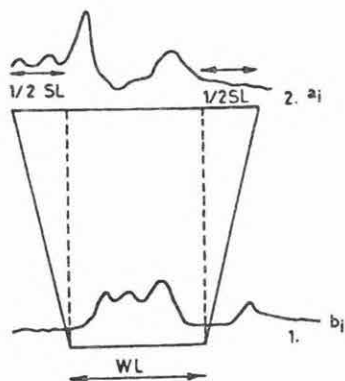
Feldolgozásunk során az elsőnek megadott normalizált keresztkorrelációs összefüggést alkalmaztuk, annak ellenére, hogy ennek számítási időigénye lényegesen nagyobb az egyéb ismert módszerekhez viszonyítva. A normalizált keresztkorrelációnak az egyéb ismert eljárásokkal szemben előnyös tulajdonsága, hogy érzéketlen a véletlenszerű zajra és a görbék különböző erősítésére.

Ezután következik a dőlésszámítás: a szonda koordináta-rendszerében meghatározzuk a rétegek látszólagos települési síkjára merőleges vektort, majd ezt a normálvektort transzformáljuk a felszín koordinátarendszerébe. A transzformált normálvektor összetevőiből meghatározható a rétegek valódi dőlésszöge és dőlésiránya.

A rétegdőlésmérés eredményei háromdimenziós adatrendszert alkotnak, ami egyszerűen abból is következik, hogy a rétegek dőlését és csapását térben kell látnunk. Az eredmények ábrázolására több eljárás is van. A 69. ábrán a rétegdőlésmérés eredményének egy ábrázolását mutatjuk be. A rétegdőlést szemléletesen vektorokkal ábrázoljuk, a vektor kiindulópontjának helyzete a vízszintes skálán az ugyanabban a mélységben számított dőlés nagyságát, a vektor iránya pedig a dőlés irányát jelzi ("Dip angle" rajz az ábrázolás közepén). Az ábrán balról jobbra haladva a lyukátmérőt (caliper) és a dőlésszámításhoz felhasznált korreláció jóságát jelző paramétert ábrázoljuk. 10 m-es mélységintervallumokban kiszámoljuk az azimutgyakoriságot (rózsadiagram) és a dőlésgyakoriságok eloszlási diagramját is. A rajz jobb szélén a számított lyukferdeséget ábrázoljuk.

A hengerrajzon (70. ábra) a rétegsíkoknak egy elképzelt hengerrel (a fűrőlyuk falával) alkotott metszésvonalait ábrázoljuk. Az ábrát a két végénél összekérve egy átlátszó csőbe kell helyezni, ily módon a rétegek a fűrőmag mintához hasonlóan szemlélhetők.

A példánkban szereplő fúrásban a vektorszelvény (69. ábra) és a többi karotázs szelvény alapján 204 m-ben jelölhető ki a pannon összlet fekéje. A pannon képződmények a réteghatár közelében közel vízszintes településűek, 4-5° dőléssel. A pannon képződmények alatt metamorfitek vannak.



68. ábra. A korreláció keresés vázlat

Fig. 68. Correlation and searching intervals

рис. 68. Схема поиска корреляции

interval (WL) along one of the curves, this section will be searched on a well-defined section of the other curve. This can be found if the correlation interval is increased by the searching interval both upwards and downwards (Fig. 68). The interval to be searched is determined by the hole diameter and the maximum dip to be expected. The result of the correlation is the correlogram.

The similarity of the curves can be measured by other methods as well. One of the simplest ways is to calculate the absolute value of the differences:

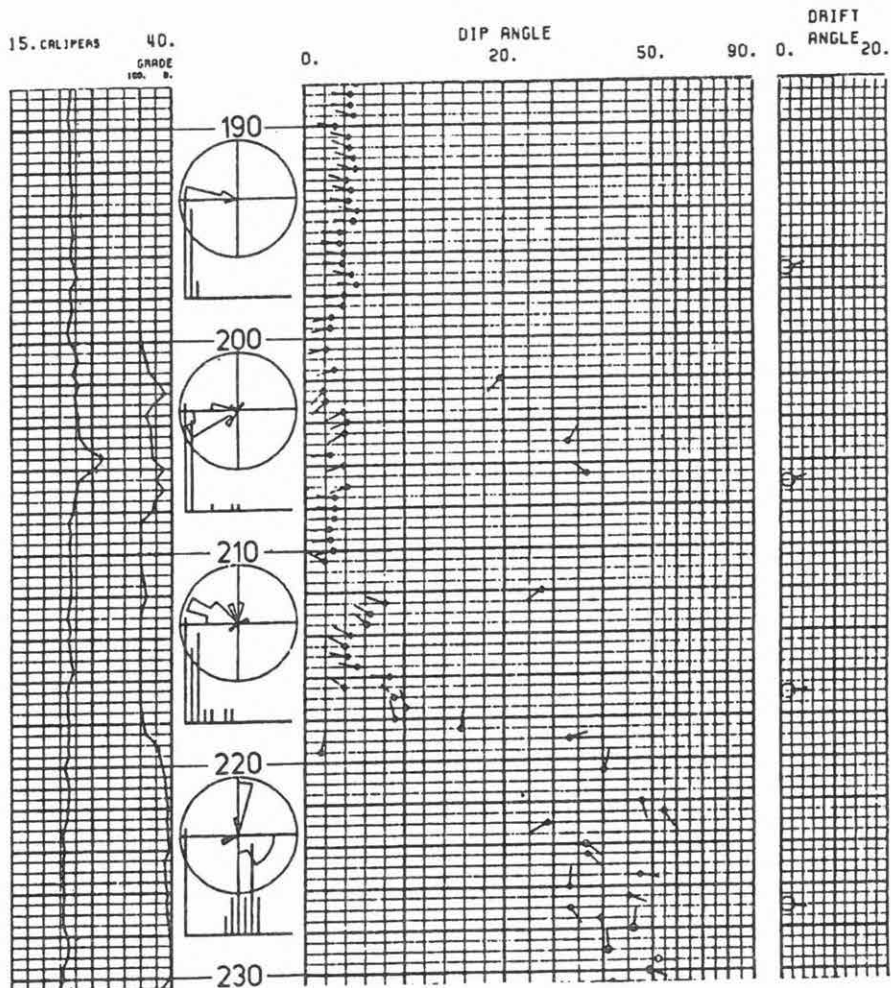
$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} |a_i - b_{i-\tau}|}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)}$$

Another way is to determine the sum of the squares of the differences:

$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} (a_i - b_{i-\tau})^2}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)^2}$$

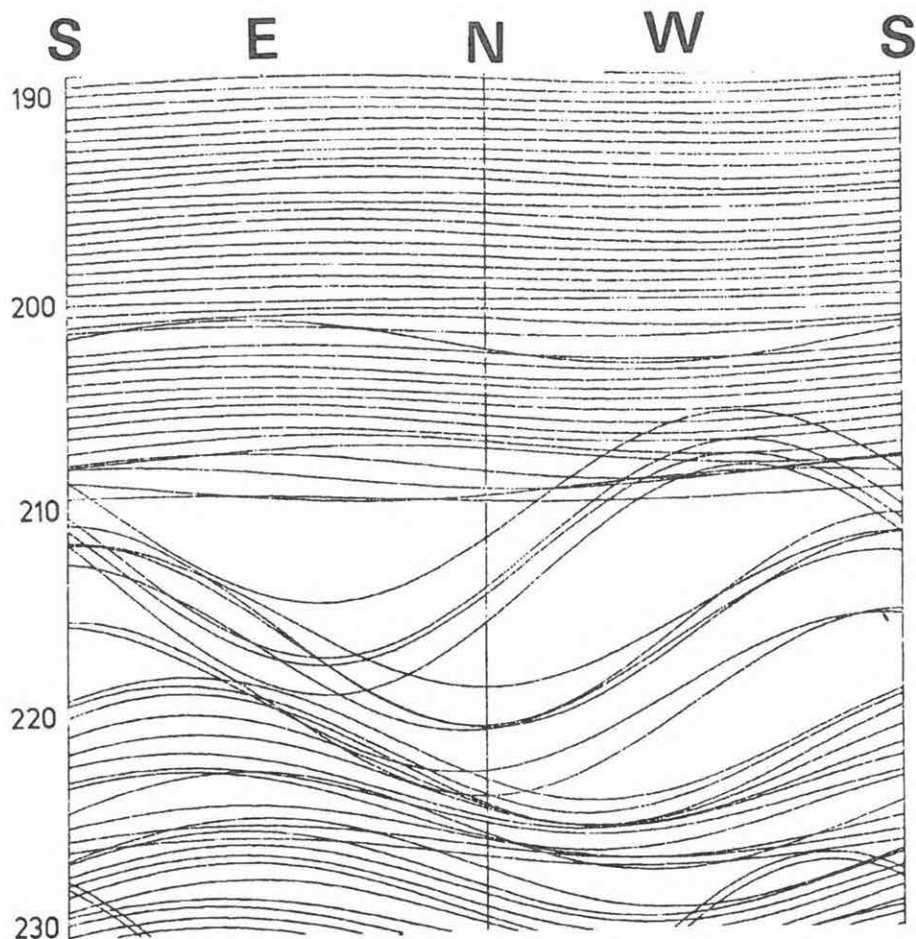
For data processing, the normalized cross-correlation function was used in spite of the fact that the time needed considerably exceeds that of other methods. However, an advantage of the normalized cross-correlation over other procedures is its indifference to random noise and to the amplification differences of recorded logs.

The next step is the dip calculation. The normal vector of the apparent plane of the layers is determined in the coordinate system of the sonde and later this normal vector will be transformed into the coordinate system of the surface. The real dip angle and dip direction can be determined from the components of the transformed normal vector.



69. ábra. A rétegdőlés mérés eredményeinek ábrázolása
 Fig. 69. Vector diagram display of dipmeter measurement results
 рис. 69. Изображение результатов измерения наклона пласта

A 69. és 70. ábrán 204 m-ben a két képződmény éles elkülönülése látható. A metamorfitek átlagos dőlése 20° , illetve ennél nagyobb. A metamorfitokon belül mélység szerint jól elkülöníthetők az irányított szerkezetű (ép, nem töredezett) kőzetszakaszok és a breccásodott szakaszok. Az irányított szerkezetű szakaszokra az azimutok és dőlésszögek stabilitása jellemző. A fellazult, breccásodott szakaszok esetében a mérhető dőlésszög diszkordáns a környezetéhez képest, az azimutok értékei pedig nagyon szórnak.



70. ábra. A rétegdőlés mérés eredményeinek hengerrajza

Fig. 70. Cylindrical display of dipmeter measurement results

рис. 70. Цилиндрическое изображение результатов измерения наклона пласта

The results of measurements of the layer dip form a 3D data set, because one should see the dip and strike of the layers in space. The results can be displayed in various ways one of which is shown in Fig. 69. Vectors illustrate the layer dips. The origin of the vector on the horizontal scale shows the extent of dip for the given depth, the direction of the vector shows the dip direction ('dip angle' illustration in the middle of the figure). In the figure one can see from left to the right the borehole caliper and the parameter showing the Q-factor of the correlation used for dip

A diszkordancia és a metamorfitonokon belüli változások a felvett sűrűség, akusztikus, laterolog, természetes gamma és SP szelvényeken is kimutathatók.

A példa mutatja azt is, hogy a rétegdőléstől alapvetően másfajta információt várunk üledékes összletben és metamorfitonban.

Hivatkozás/Reference

SCHOONOWER L. G., HOLT O. R. 1973: Computer methods of Diplog Correlation. Soc. of Petr. Eng. Journal pp. 31-38

In the cylindrical display (*Fig. 70*) the intersection lines between the layer planes and an imagined cylinder (the wall of the drillhole) are illustrated. The figure should be rolled into a cylinder and it should then be placed into a transparent tube which allows the layers to be illustrated similarly to a core sample.

In the example of the drilling, the bottom of the Pannonian sequence can be seen to at a depth of 204 m, on the basis of the vector log (*Fig. 69*) and of other logs. Above the boundary the Pannonian formations lie nearly horizontally, their dip is about 4–5°. There are metamorphites below the Pannonian sediments.

A sharp separation of the two formations at a depth of 204 m can be seen in *Figs. 69* and *70*. The average dip of the metamorphites is 20°, or more. Sections of oriented structure (intact, non-fractured) and brecciated sections can be well separated within the metamorphites, according to depth. Sections of oriented structure are characterized by the stability of azimuths and of dip angles. In the case of brecciated sections the measurable dips are disconform to the general and the azimuth values are widely scattered. The disconformity and the abrupt changes within the metamorphites can also be observed in the density, acoustic, laterolog, natural gamma and SP logs.

Moreover, the example shows that information of essentially different character can be expected from the layer dip values in sedimentary sequences and in metamorphites.

3 FÖLDFIZIKAI KUTATÁS

3 EARTH PHYSICS RESEARCH

3. 1 A FÖLDMÁGNESES TÉR VIZSGÁLATA

Körmendi Alpár

A Tihanyi Observatórium folyamatosan ellátta a rutinszerű adatgyűjtést és adatszolgáltatást. Emellett otthont adott egy széleskörű nemzetközi rendezvénynek: a földmágneses observatóriumok adatgyűjtéséről és adatfeldolgozásáról szóló harmadik nemzetközi tanácskozásnak (Third International Workshop on Data Acquisition and Processing in Geomagnetic Observatories):

A workshop előkészítése és lebonyolítása számos rendkívüli tevékenységet tett szükségessé. Először ismételt mérésekkel megbizonyosodtunk arról, hogy a Budapest-Nagykanizsa vasútvonal villamosítása nem okoz zavart a mágneses tér mérésében. (Emlékeztetőül megjegyezzük, hogy a Siófok-Fonyód szakaszon 1989. december 1. után indult meg a rendszeres villamos vontatás, és ettől kezdve lépett üzembe a Szántód-pusztánál létesített villamos betáplálás.) Majd hálózatos felmérésekkel megkerestük az observatórium területén lévő mágneses "szennyezéseket" — elsősorban a korábbi építkezések idején elhagyott, eltemetett vasalkatrészeket — és megtisztítottuk a területet és az észlelőházakat. Új mérési pilléreket építettünk, új kábeleket fektettünk.

A workshop keretében tíz mágneses regisztráló rendszert vizsgáltunk 1990. szeptember 10-21 között. A 16 országból érkezett 62 résztvevő számára a folyamatos regisztrálás idejére szemináriumi napokat szerveztünk. Ez utóbbiak keretében 14 előadás hangzott el.

Az összehasonlító mérések leírása és eredményei, továbbá az elhangzott előadások anyaga a Geofizikai Közleményekben 1991-ben került részletes ismeretésre (Vol. 36. Nos. 3-4, Sept. 1991).

Röviden összefoglalva:

- a vizsgált rendszerek három eltérő fizikai elven működő mérőátalakítót alkalmaztak: kvarcszálla függesztett mágneset (kvarc variométer), telítésig mágnesezhető érzékelő-elemet (fluxgate magnetométer) és optikai gerjesztést alkalmazó vektormagnetométert;
- az eltérő elven működő mérőátalakítókkal megvalósított műszerek hasonló eredményeket adtak;
- hasonlóan a korábbi két workshop (Ottawa 1986, Nurmijärvi 1989) végkövetkeztetéseihez, megállapítható, hogy a mágneses observatóriumi

3. 1 INVESTIGATION OF THE GEOMAGNETIC FIELD

Alpár Körmendi

As usual, Tihany Observatory has continuously been carrying out geomagnetic data collection and reporting. What is more, it was the host of a big international event: the Third International Workshop on Data Acquisition and Processing in Geomagnetic Observatories.

The workshop needed a great deal of preparation and involved many special activities. First, repeated observations made sure that the electrification of the Budapest-Nagykanizsa railway line did not disturb the recording of the geomagnetic field. (Between Siófok and Fonyód railway stations, regular electric traction service started on 1st December 1989, and the Szántódpuszta transformer station has been working since this date.) Then a regular network survey was performed to search for magnetic 'contamination' on the territory of the observatory—mainly scrap iron, lost and buried during the construction periods. The territory and observation houses were magnetically cleaned, new observation piers were constructed, and new cables were laid down.

During the workshop, between 10 and 21st September 1990, ten recording stations were investigated. For the 62 participants from 16 countries, seminar days were organized during the continuous recording. In these seminars 14 papers were read.

The description and results of the comparative observations and the papers presented at the workshop are published in *Geophysical Transactions* (Vol. 36. Nos. 3-4, Sept. 1991). As a short summary:

- the sensors and transducers used in the systems employed 3 different physical phenomena (quartz variometers: magnets suspended on a torsion wire; fluxgate magnetometers: saturable-core sensing element; rubidium vector magnetometers: optical pumping);
- the instruments using 3 different principles gave similar results;
- similar to the final conclusions of the two earlier workshops (1986 Ottawa, 1989 Nurmijärvi), it was found that the magnetic observatory recording systems still do not seem to be enough for an accuracy required by the INTERMAGNET Project;
- the series of workshops that started in Ottawa needs to be continued.

mi regisztráló rendszerek pontossága nem éri el az INTERMAGNET Project-ben előírányzott értékeket;

— további workshopokra van szükség.

A workshoppal kapcsolatos munkák mellett nem volt lehetséges a korábbi évek regisztrátumaiban 1989 során felismert rendszeres hibák kijavítása. A hibák a kvarc variométerek összeszerelési pontatlanságaiból adódtak. Ennek megfelelően az 1990.5 epochára csak előzetes, közelítő értékeket tudunk megadni:

$$D = 1^{\circ} 49'$$

$$Z = 42478 \text{ nT}$$

$$H = 21421 \text{ nT}$$

$$F = 47574 \text{ nT}$$

During the workshop-related activities, we had insufficient time to adjust the systematic errors of the earlier recordings detected in 1989. As a result of errors stemming from the inaccurately assembled quartz variometers, only preliminary magnetic values of the 1990.5 epoch can be published:

$$D = 1^{\circ} 49'$$

$$Z = 42\,478 \text{ nT}$$

$$H = 21\,421 \text{ nT}$$

$$F = 47\,574 \text{ nT}$$

3. 2 AZ MGH-50 ÉS MGH-80 GRAVIMÉTERES ALAPHÁLÓZATOK ÖSSZEKAPCSOLÁSA

Csapó Géza, Sárhidai Attila

Ismeretes, hogy a geofizikai célú graviméteres mérések eredményeit a korábbi években az MGH-50 (1950. évi Magyar Gravimetriai Hálózat), míg a geodéziai célúakat az MGH-80 rendszerében adták meg [ELGI 1988-1989 Évi Jelentés, pp. 225-227]. A két rendszer eltér egymástól [CSAPÓ és SÁRHIDAI 1990a], az eltérések térképét az 71. ábrán mutatjuk be. Hogy a jövőben az adott feladatnak megfelelő rendszerben dolgozhassunk, a kétféle rendszer között zárt függvény-nyel leírt összefüggést célszerű meghatározni. Ennek érdekében az MGH-50 II. rendű bázisai közül 45 pontot felújítottunk és összemértünk az MGH-80 hálózati pontjaival (minden "régi" pontot legalább két-két új ponttal). A régi pontok magasságának újbóli meghatározásakor kiderült, hogy a vízszintes koordináták változatlansága mellett az MGH-50 bázisok referenciapontjainak magassága (az útkorona tengelypontja a jelzőkö szelvényében) általában megváltozott. Ezért a bázispontok 1990-ben kiadott katalógusában (ELGI kiadvány) szereplő "régi" bázispontok eredeti értékeihez magasságváltozási hatásból származó javításokat számítottunk. Felhívjuk a figyelmet, hogy az országban még fellelhető, de az összemérésbe be nem vont MGH-50-es bázisok zöménél hasonló helyzet tétélez-


71. ábra. Az MGH-50 és MGH-80 rendszerek közötti eltérések $0,01 \mu\text{ms}^{-2}$ egységben— a két hálózat pontjainak kiegyenlített g értékei alapján 



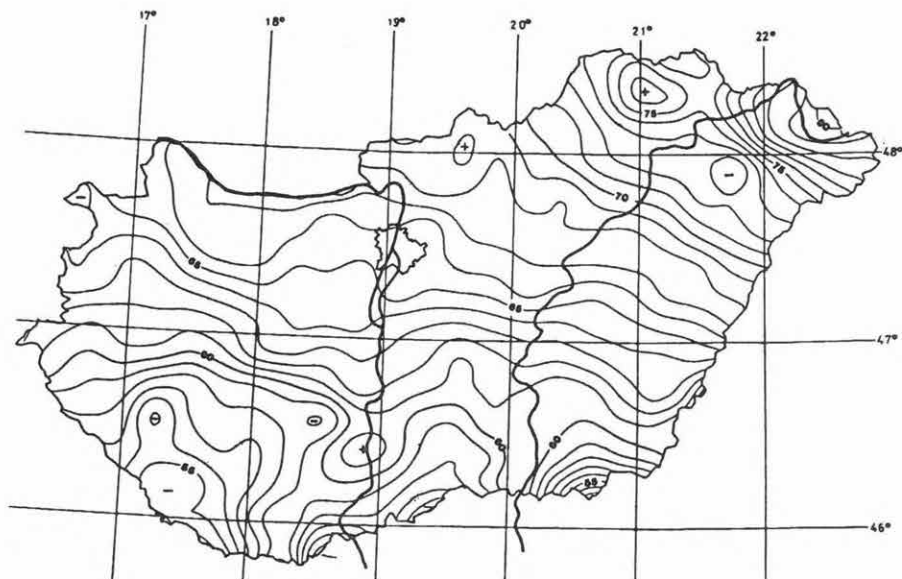
Fig. 71. Deviations between the MGH-50 and MGH-80 systems in units of $0.01 \mu\text{ms}^{-2}$, on the basis of the adjusted g values of the points of the two networks 

рис. 71. Расхождения между системами ГСВ-50 и ГСВ-80 в $0,01\mu\text{ms}^{-2}$ на основании выравненных значений g по пунктам обеих сетей 

3. 2 LINKING THE MGH-50 AND MGH-80 GRAVIMETRIC NETWORKS

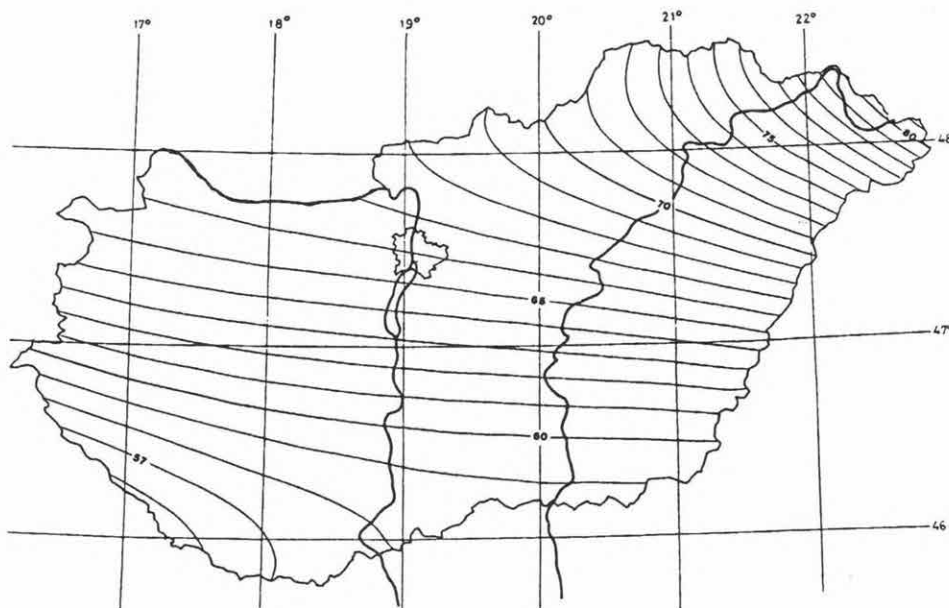
Géza Csapó, Attila Sárhidai

The results of the geophysical gravity survey were formerly presented in the MGH-50 system (Hungarian Gravity Network, 1950) whereas those of the geodetic gravity survey, in the MGH-80 system [Ann. Rep. of ELGI 1988-89, pp. 313-314]. These two systems are different [CSAPÓ and SÁRHIDAI 1990a], the map of deviations being presented in *Fig. 71*. In order to be able to apply both of the systems in the future, it is useful to determine a closed function that describes the relationships between the two systems. With this aim, 45 points of the second-or-



hető fel (útkorrekciók, pontáthelyezések stb), ezért, ha a g mérések záróhibáinak számításához az irodalmi adatokat [RENNER 1959] használják, akkor a mérési pontok kiegyenlített mérési eredményei akár több tized mGal hibával ($1 \text{ mGal} = 10 \mu\text{ms}^{-2}$) lesznek terheltek; függetlenül az adott mérések minőségétől.

Az átszámító függvény előállításához két kiegyenlítést végeztünk. Az elsőnél az MGH-80 pontjait úgy egyenlítettük ki, hogy hálózati kényszernek a felújított MGH-50 pontjainak korrigált g értékeit tekintettük; a másodiknál az abszolút módszerrel meghatározott g értékek voltak kényszerek [CSAPÓ és SÁRHIDAI 1990b]. Ebbe a kiegyenlítésbe az MGH-80 pontjain kívül a felújított régi bázisokat is bevontuk (az összemérések eredményeivel), így valamennyi bázispontunk mindkét rendszerbeli g értéke rendelkezésre állt. Ezután a régi bázisok kétféle rendszerbeli különbségeit képeztük és kiegyenlítéssel egy harmadfokú felületet illesztettünk a ponthalmazra (72. ábra). Ilymódon bármely magyarországi gravi-



72. ábra. Az MGH-50 és MGH-80 rendszerek közötti harmadfokú eltérésfüggvény $0,01 \mu\text{ms}^{-2}$ egységben

Fig. 72. Third-degree function of the deviations between the MGH-50 and MGH-80 systems in units of $0,01 \mu\text{ms}^{-2}$

рис. 72. Функция третьего порядка расхождений между системами ГСВ-50 и ГСВ-80 в $0,01 \mu\text{ms}^{-2}$

der bases of MGH-50 have been reconstructed, and synchronous measurements have been performed on the points of MGH-80 and MGH-50 (at least two new points for each 'old' point).

After the new determination of the 'old' points, it was concluded that the horizontal coordinates did not change whereas the altitudes of the base points of MGH-50 (the axial point of the road surface in the section of the marking stone) usually did change. Therefore the original altitudes of the 'old' points listed in the catalogue of 1990 (ELGI's publication) have been corrected. It should be emphasized that a similar situation can be expected (due to road corrections, point removals, etc.) for most of the MGH-50 points which have not yet been measured repeatedly. Thus, if the old MGH-50 gravity data are used, the computed results for individual points may contain errors of several tenths of mGal (1 mGal=10 μms^{-2}) independent of the quality of the measurements.

To construct the re-calculation function we performed two adjustments. In the first of them, the MGH-80 points were adjusted by accepting the corrected 'g' values of the reconstructed MGH-50 points as the network constraint whereas in the second, the absolute 'g' values served as constraints [CSAPÓ and SÁRHIDAI 1990b]. In addition we considered unknown not only the MGH-80 points, but the reconstructed old bases as well. The results of the synchronous measurements have also been involved in the adjustment. In this way, there were 'g' values for all points available in both systems. Afterwards, the deviations between values in different systems were calculated for the old bases, and a third-degree surface was fitted to the stack of the points by adjustment (Fig. 72). As a result, the 'g' value of any Hungarian gravimetric point can be re-calculated into the other system:

$$g(\text{MGH-50}) - g(\text{MGH-80}) = 1334.623 - 2.615\Delta\varphi + 0.871\Delta\lambda - \\ - 0.884759\Delta\varphi \Delta\lambda - 6.47691 \Delta\varphi^2 - 0.206357 \Delta\lambda^2 - 1.991854 \Delta\varphi^3 + \\ + 0.051530 \Delta\lambda^3 + 0.345641 \Delta\varphi \Delta\lambda^2 + 0.567867 \Delta\varphi^2 \Delta\lambda$$

where φ_p = latitude of the point (in 0.1°),
 λ_p = longitude of the point (in 0.1°),
 $\Delta\varphi = \varphi_p - 478.33$
 $\Delta\lambda = \lambda_p - 160$

The results are in 0.1 μms^{-2} units.

Considering the regional distribution of the 'residuals', shown in (Fig. 73), high quality of the fitting of the surface can be seen. The residuals exceed the value of $\pm 0.03 \mu\text{ms}^{-2}$ only in exceptional cases (at the borders of the country).

méteres pont valamelyik rendszerben ismert g értéke átszámítható a másik rendszerbe:

$$g(\text{MGH-50}) - g(\text{MGH-80}) = 1334.623 - 2.615\Delta\varphi + 0.871\Delta\lambda - \\ - 0.884759\Delta\varphi\Delta\lambda - 6.47691\Delta\varphi^2 - 0.206357\Delta\lambda^2 - 1.991854\Delta\varphi^3 + \\ + 0.051530\Delta\lambda^3 + 0.345641\Delta\varphi\Delta\lambda^2 + 0.567867\Delta\varphi^2\Delta\lambda$$

ahol:

φ_p = a pont földrajzi szélessége (tizedfokban)

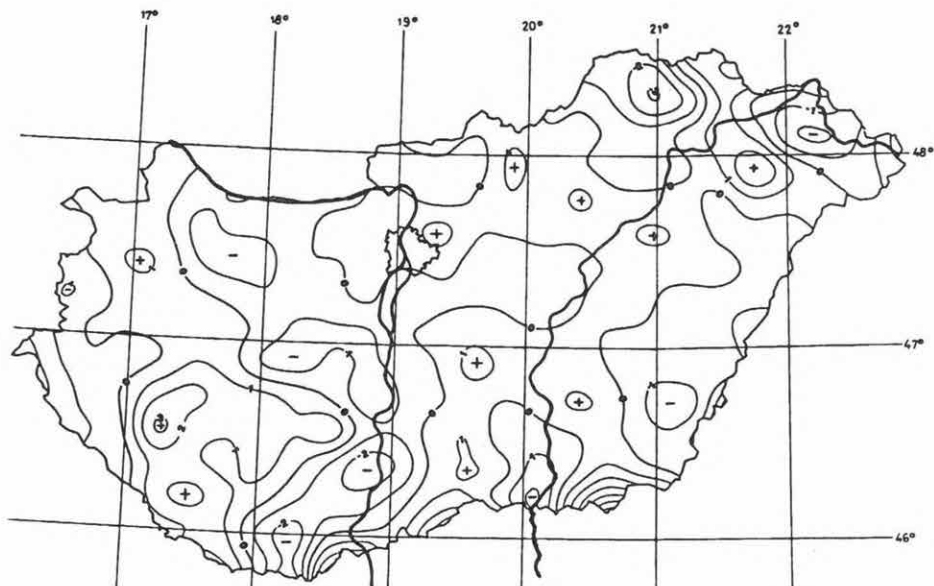
λ_p = a pont földrajzi hosszúsága (tizedfokban)

$\Delta\varphi = \varphi_p - 478,33$

$\Delta\lambda = \lambda_p - 160$

Az eredményt $0,1 \mu\text{ms}^{-2}$ egységben kapjuk.

A 73. ábrán bemutatott ún. "maradék eltérések" eloszlásából látható, hogy a felületillesztés igen jó közelítést eredményezett, miután a maradék eltérések csak kivételes esetekben (az országhatároknál) haladják meg a $\pm 0,03 \mu\text{ms}^{-2}$ értéket.



73. ábra. Az MGH-50 és MGH-80 közötti "maradék eltérések" $0,01 \mu\text{ms}^{-2}$ egységben

Fig. 73. 'Residual deviations' between the MGH-50 and MGH-80 systems in units of $0.01 \mu\text{ms}^{-2}$

рис. 73. Остаточные расхождения между системами ГСВ-50 и ГСВ-80 в $0,01\mu\text{ms}^{-2}$

3. 3 LA COSTE-ROMBERG (LCR) GRAVIMÉTEREK VISSZACSATOLÓ RENDSZERE

Csapó Géza, Sárhidai Attila

Az elmúlt évektől kezdve egyre nagyobb szerepet kapnak a geodinamikai vizsgálatoknál a nagy pontosságú (néhányszor 10^{-2} μms^{-2} megbízhatóságú) relatív graviméteres mérések. Szerepük egyrészt az abszolút g meghatározásokból nyert

74. ábra. Az LCR graviméterekhez épített vezérlő és FB rendszer (GRAFS) tömbvázlata

LCR—a LaCoste-Romberg graviméter; RESET—nullázó; FB—visszacsatolás; F_1 , F_2 , F_3 —aktív szűrők; T—töltő és telepfelügyelő egység; AS_1 , AS_2 —analóg kapcsolók; IF_1 , IF_2 —illesztők; DIMARS—adatgyűjtő; RECORDER—analóg regisztráló; D/A—digitál-analóg átalakító; D/A1—ennek illesztője; SW—átlagoló és aritmetikai egység; DMM(CPI), DMM(FB)—digitális voltmérők a kapacitív helyzetjelzőkhöz és a visszacsatoláshoz



Fig. 74. Block scheme of the control and FB system for the LCR gravimeters

LCR—the LaCoste-Romberg gravity meter; RESET—nulling; FB—feedback; F_1 , F_2 , F_3 —active filters; T—charger and battery controller; AS_1 , AS_2 —analog switches; IF_1 , IF_2 —interfaces; DIMARS—digital data acquisition unit; RECORDER—analog recorder; D/A—digital/analog converter and D/A1—its interface; SW—averaging and arithmetics; DMM(CPI), DMM(FB)—digital multimeters for capacitance position indicator and feedback



рис. 74. Блок-схема системы управления (GRAFS) и обратной связи (FB) для гравиметров LCR.

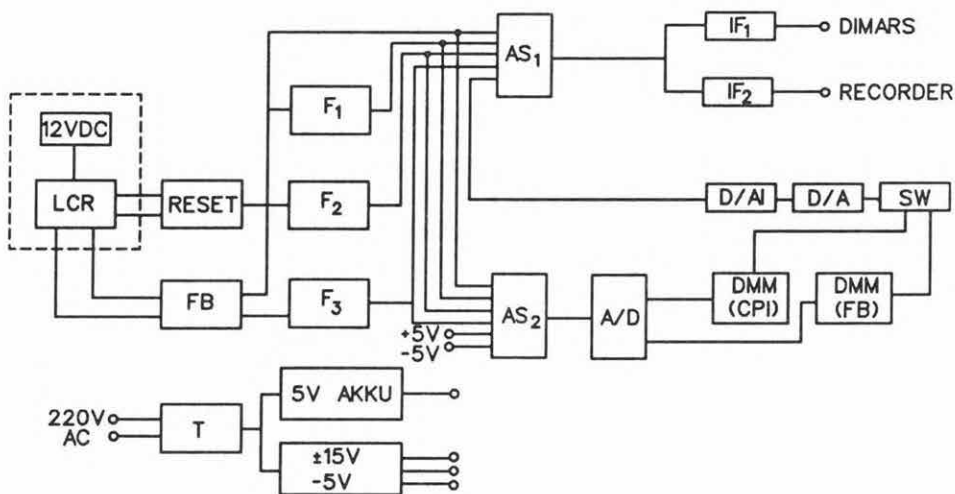
LCR — гравиметр Ла Коста-Ромберга; RESET — нулирование; FB— обратная связь; F_1 , F_2 , F_3 — активные фильтры; T—блок зарядки и наблюдения за зарядностью; AS_1 , AS_2 — аналоговые переключатели; F_1 , F_2 — устройства сопряженности; DIMARS — накопитель данных; REKORDER— аналоговый регистратор; D/A— цифрово-аналоговый преобразователь; D/A1—устройство сопряженности для ЦАП, SW— арифметический и усредняющий блок; DMM(CPI), DMM(FB) — цифровые вольтметры для обратной связи и для емкостных сигнализаторов



3. 3 FEED BACK SYSTEM FOR LA COSTE-ROMBERG (LCR) GRAVIMETERS

Géza Csapó, Attila Sárhidai

In recent years, high-precision (some $10^{-2} \mu\text{ms}^{-2}$) relative gravimetric measurements have been playing a more and more important role in geodynamic investigations. They serve, on the one hand, for transferring the results of absolute 'g' measurements to points (stable marks) which can be used in practical measurements; on the other hand they serve to determine vertical gradients by Δg measurements and, finally, for measurements of networks for studying movements. It is important in all these jobs that no scale changes should occur in the



eredmények levezetése gyakorlati mérések végrehajtására alkalmas földfelszíni pontra (az állandósított pontjelre), másrészt vertikális gradiensek meghatározása Δg mérésekkel, végül mozgásvizsgálati hálózatok mérése. Ezeknél a feladatoknál lényeges, hogy a mérések közötti hosszabb-rövidebb időszakban ne lépjenek fel méretarány-változások a graviméter mérőrendszerében. Ezek a változások alapvetően a mérőrugó és az áttételek apró mechanikus változásai miatt keletkeznek. A mérőrugó helyzetének változásaiból származó hatások kiküszöbölése érdekében egy olyan negatív feszültség-visszacsatolású (feedback, FB) kapcsolást szerkesztettek a kapacitív kimenettel is rendelkező LCR graviméterek elektronikájához, amely feszültség a mérőtömeget a mérőrugó feszítettségi állapotától függetlenül az elektronikus nulla helyzetbe (a két kapacitív lemez közötti távolság felezőpontjába) állítja vissza — a visszacsatolás mintegy $\pm 3 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ tartományában [HARRISON és SATO 1984]. Ezzel a módosítással nagymértékben javul az árapályregisztráló graviméterek stabilitása is. Később a visszacsatolási tartományt az elektronika módosításával kibővítették [RÖDER et al. 1987], ami *lehetőséget ad visszacsatolási rendszerrel végzendő terepi mérésekhez is*, miután a kibővített mérési tartomány egyes műszereknél elérte a $\pm 100 \mu\text{ms}^{-2}$ -t. Ez növeli az LCR graviméterek felbontóképességét. Például a Rajna-völgyi mozgásvizsgálati teszt-hálózaton az ismertetett elven működő 6 db LCR graviméterrel 1989-ben végzett méréseink eredményeként a hálózat kiegyenlítés utáni középhibája $\pm 0,005$ értékre adódott (összehasonlításként: a jónak számító MGH-80 hasonló adata $\pm 0,016$).

Az ELGI két LCR-G graviméteréhez kiterjesztett mérési tartományú visszacsatoló (FB) rendszert építettünk. A lineáris mérési tartomány a 963 jelű graviméternél $\pm 105 \mu\text{ms}^{-2}$, az 1919 jelűnél $\pm 120 \mu\text{ms}^{-2}$. A rendszer elektronikáját külön egységben, a *GRAFS-nak (GRAVimetic Feedback System)* elnevezett vezérlőegységben helyeztük el, amely a 74. ábrán látható tömbvázlaton feltüntetett egységekből áll. Az LCR graviméterek kimeneti jelét (a lengő nulla pozícióba állításához szükséges rugóerőnek megfelelő egyenfeszültséget) vagy egy gyárilag beépített galvanométeren figyelik, vagy kívülről csatkozatható digitális voltmérővel (DMM) olvassák le. Ez utóbbi megoldás nagyobb indexbeállítási és műszerleolvasási pontosságot eredményez. Az FB egyenfeszültséget minden esetben — legalább 4 helyiértékű — külső DMM-mel mérjük. Az általunk alkalmazott vezérlőberendezéssel a gravimétert egyszerűen többféle mérési üzemmódban használhatjuk, másrészt a kimeneti jel/jelek egyszerűen akár többféle megjelenítésére és adatgyűjtőben történő rögzítésére van lehetőség.

A GRAFS segítségével beállítható üzemmódok:

1. szüretlen CPI (Capacitance beam Position Indicator) jel folyamatos mérése;
2. adott frekvenciaátvitelű szűrővel vágott CPI jel folyamatos mérése; jelenlegi megoldásunknál 0,1 Hz ff, illetve 0,12 Hz ff szűrők közül választhatunk;
3. FB feszültség folyamatos mérése a kiválasztott szűrővel és a CPI feszültség egyidejű méréseivel;

measurement system of the gravimeter in shorter or longer time spans between the measurements. The changes mostly occur because of small mechanical deformations of the measuring spring and transmissions. To eliminate any effects from the changes in the position of the measuring spring, a negative potential feed back (FB) was installed to the LCR gravimeters with a capacity output which — independent of the strain state of the measuring spring — puts back the measuring mass into the electronic zero position (into the centre between the two condenser plates) within a $\pm 3 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ feed-back interval [HARRISON and SATO 1984]. Due to this modification the stability of the earth-tide-registering gravimeters is improved as well. Subsequently the feed-back interval was extended by modifying the electronic structure [RÖDER et al. 1987] that *makes field observations with the feed-back system possible* since the extended measurement interval has reached $\pm 100 \mu\text{ms}^{-2}$ in the case of some devices. The resolution of the LCR gravimeters is increased this way. For instance, the mean error of the results of our measurements on the geodynamic test network in the Rhein valley by 6 LCR gravimeters with the modifications described above — after the network adjustment — was ± 0.005 (as a comparison: the equivalent value for the 'good' MGH-80 is ± 0.016).

ELGI's two LCR-G gravimeters have been completed by feed-back systems with extended measurement intervals. The linear measurement interval is $\pm 105 \mu\text{ms}^{-2}$ for gravimeter No. 963 and $\pm 120 \mu\text{ms}$ for No. 1919. The electronic structure of the system is placed into a separate device *GRAFS (GRAvimetric Feedback System)* which consists of the blocks indicated in Fig. 74. The output signal of the LCR gravimeters (the D. C. output voltage which corresponds to the spring force needed to put the swing into the zero position) can be registered either on built-in galvanometer or on an additionally connected digital voltmeter (DMM). In the second case the accuracy of the index setting and device reading is higher. The feed-back potential direct current is measured by an additional DMM of at least four digits. Our control system provides, on the one hand, more than one measurement mode, on the other hand, the possibility to display and to record in the memory a signal or signals in more than one style.

The modes that can be set by GRAFS are as follows:

1. Continuous recording of non-filtered CPI (Capacitance beam Position Indicator) signal.
2. Continuous recording of a CPI signal cut by a frequency response filter. A choice can be made from filters 0.1 Hz ff and 0.12 Hz ff.
3. Continuous recording of a FB potential using the chosen filter and synchronously recording the CPI potential.
4. Recording in modes 1.-3. by calculating mean values for time windows which can be set between 1 and 999 s (recording speed = 300 ms).

The modes for displaying and saving the output signals are as follows:

- The 256x64 dot LCD of the GRAFS (in mode 3, two DMM's of 5.5 digits can be synchronously displayed together with additional information).
- The analog recorder (built-in clock of the device supplies time signals, e.g. each hour for the record).

4. az 1.–3. pontban felsorolt üzemmódok 1–999 s közötti változtatható időintervallumú átlagoló mintavétel alapján végzett mérése (mintavételi sebesség: 300 ms)

A kimeneti jelek megjelenítésének, illetve tárolásának módjai:

- a GRAFS saját 256x64 pontos LCD kijelzője (a 3. üzemmódban egyidejűleg két 5,5 helyiértékű DMM-et jelenít meg a kiegészítő információkkal);
- analóg regisztráló (a készülék belső órája időjelet — pl. órajelet — ad a regisztrátum részére);
- digitális adatgyűjtő (pl. az Intézetben kifejlesztett DIMARS obszervatóriumi adatgyűjtő);
- számítógép.

A graviméter (LCR-G) analóg kimenő CPI feszültségjelét egy olyan szabályozó egységbe vezetjük ("0" visszaállító), amely FB üzemmódban megközelítően max. ± 12 V előfeszültséget ad a kondenzátor lemezekre és gondoskodik arról, hogy a visszacsatoló feszültség mindig nulla pozícióban tartsa a lengőt. A rendszer addig tud szimmetrikusan szabályozni, amíg a visszacsatoló feszültség nem éri el valamelyik kondenzátorlemez előfeszültségét. Mind az FB, mind a CPI üzemmódban lehetőség van az analóg jel szűrésére a tömbvázlaton feltüntetett 1. vagy 2. aktív szűrő bekapcsolásával. A 3. szűrő az érzékeny FB jel szűrésére, illetve a FB rezgőkör időállandójának pontos beállítására szolgál. A kis offset feszültségű elemekből épített szűrőket úgy méreteztük, hogy különböző külső zajforrásoknál a legkedvezőbb jel/zaj viszonyt érhessük el. A szűrőket, valamint a különböző üzemmódokat a 16 gombos tasztatura segítségével programozhatjuk a készülék kikapcsolásáig tartó időre. A tasztaturát különböző periféria illesztőkön keresztül a CMOS változatú Z80-as CPU vezérli éppúgy, mint az INTERSIL-ICL 7135-ös A/D konvertert, a külön időalapról járó óragenerátort, valamint a szabályozható fényerősségű intelligens LCD kijelzőt. Az átlagoló üzemmód megfelelő adatait a GRAFS aritmetikai egysége (SW átlagoló) állítja elő, az átlagolás mérés közben megszakítható (az átlagolási ciklus időpozíciója a kijelzőn látható). A megfelelő üzemmód és jelrögzítési mód kiválasztása a kijelzőn megjelenő "menük" kezeléssel történik, a készülék kikapcsolásakor az alapértelmezett üzemmód áll vissza (0,12 Hz-es szűrő, 8 s átlagolási idő, a CPI jel a kijelzőn és az analóg regisztráló csatornán). Az egyes csatornák egymástól függetlenül programozhatók.

A GRAFS belső tápegysége túláramvédelemmel és feszültségfigyelő áramkörrel ellátott akkumulátortöltőből és különböző feszültségeket szolgáltató Ni-Cd akkumulátor blokkokból áll. Terepi használatnál egy feltöltéssel a készülék minimum öt napig üzemel, a telepek állapotát a kijelző mutatja. A GRAFS és a graviméter összekapcsolása bontható, a két egység szétválasztása után a graviméter gyári szériaműszerként használható.

- Digital data acquisition system (e.g. the observatory data acquisition system DIMARS constructed in ELGI).
- Computer.

The analog output CPI potential signal of the gravimeter (LCR-G) is directed to a controlling block (for putting back the zero) which in FB mode supplies approximately ± 12 V bias to the condenser plates and keeps the swing in the zero position by regulating the feed-back potential. The control is symmetric until the feed-back potential reaches the potential of one of the condenser plates. Both in FB and CPI modes the filtering of the analog signal is possible by putting on active filter 1 or 2 indicated in the scheme. Filter 3 can filter the sensitive FB signal and precisely regulate the temporal constant of the oscillating circuit. The parameters of the filters constructed from low offset potential elements are set to provide the best signal-to-noise ratio for various external noise sources. The filters and the modes can be loaded for the time span until the switching off the device from a 16-key keyboard. The keyboard and the A/D converter INTERSIL-ICL 7135 are controlled by a CPU CMOS Z80, such as the hour generator with an independent time base and the intelligent LCD with regulatable light intensity. The corresponding data of the averaging mode are produced by the arithmetic block (SW averager) of the GRAFS; the averaging can be interrupted during the measurement (time position of the averaging cycle being displayed). The running and recording mode can be chosen from displayed menus; after switching off the device the default mode is set again (filter 0.12 Hz, averaging time 8 s, CPI signal on the display and on the channel of analog recorder). The individual channels can be programmed separately.

The internal power block of the GRAFS consists of an accumulator charger equipped with surge protection and voltage controller circuit as well as with Ni-Cd battery blocks which supply various potentials. One charge provides at least five days of field work, the state of the batteries being continuously displayed. The link between the GRAFS and gravimeter can be interrupted and, after the separation of the devices, the gravimeter can be used as an industrial serial device.

Hivatkozások/References

- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990a: Magyarország új nehézségi alaphálózata (MGH-80). *Geodézia és Kartográfia*, 1990/2 pp. 110–116
- RENNER J. 1959: A magyar országos gravitációs alaphálózat végleges feldolgozása. *Geof. Közl.* VIII. 3. pp. 106–141
- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990b: Magyarország új nehézségi alaphálózatának (MGH-80) kiegyenlítése. *Geodézia és Kartográfia*, 1990/3 pp. 181–190
- HARRISON J.C., SATO T. 1984: Implementation of electrostatic feedback with La Coste-Romberg Model Gravity meter. *Journal of Geoph. Res.* 89. No. B9 pp. 7957–7961
- RÖDER R.H., SCHNÜLL M. and WENZEL H.G. 1988: SRW feedback for LaCoste-Romberg gravimeters with extended range. *Bull. d'Information*, No. 62, pp. 46–50

Varga Tatjana, Varga Péter (KFH)

Az 1990 évben tovább folytatódott a földárapály és a hosszú periodusú deformációk regisztrálása a Mátyás-hegyi Geodinamikai állomáson elhelyezett regisztráló műszerekkel [Évi Jelentés, 1988–89, pp. 209–210].

Extenzométeres megfigyelések

A két nagy ($E_1=21,3$ m, ill. $E_2=13,8$ m hosszúságú), ill. ezekkel párhuzamosan — a barlangban lévő két törésvonalat keresztezően — telepített két "mikro" ($ME_1=1,6$ m ill. $ME_2=0,9$ m hosszúságú) extenzométerrel 1990. februárjától észleléseket végeztünk a nagy extenzométerek folyamatos hitelesítése mellett. Az extenzométerek telepítési vázlatát az 75. ábra szemlélteti. Észleléseinket a MÉV (Mecseki Ércbánya Vállalat) szakembereivel együttműködve radon emanáció mérésekkel egészítettük ki. Az 1990 júliusáig kísérleti jelleggel végzett méréseink eredményeiről először 1990 szeptemberében a Nemzetközi Földárapály Bizottság bonni ülésén számoltunk be [VARGA et al. 1991].

Varga P. [1984] kimutatta, hogy az extenzométerekkel megfigyelt évi menetek nagysága nem függ a megfigyelő állomások tektonikai helyzetétől (a világ 26 állomásán $0,1-6,0 \cdot 10^{-6}$ /év érték tapasztalható) és a legtöbb esetben az elméletileg várható deformációk maximális értékét közelíti.

A 76. ábra felső részén a mikroextenzométerek (ME_1 és ME_2) által megfigyelt deformációk láthatók a műszerekhez tartozó hőmérők adataival együtt (temp. ME_1 és temp. ME_2). Az ábra alsó részén a nagy extenzométeres megfigyelések maradék görbei láthatók.

Az ME_1 mikroextenzométerrel megfigyelt szélsőértékek egy része időben egyértelműen egybeesik a nagy extenzométerek maradékgörbein látható szélsőértékekkel. Az ME_2 mikroextenzométer esetében ez a korreláció valószínűleg azért nem egyértelmű, mert a műszer közel van az állomás bejáratához. Megállapítható, hogy az E_2 extenzométer maradékgörbéje korrelál a radon megfigyelések

3. 4 GEODYNAMIC INVESTIGATIONS

Tatjana Varga, Péter Varga (Central Office of Geology)

In 1990 the recording of Earth tides and long period deformations was continued by the instruments located at the Geodynamic Station, Mátyás Hill [Annual Report of ELGI 1988-89, p. 304].

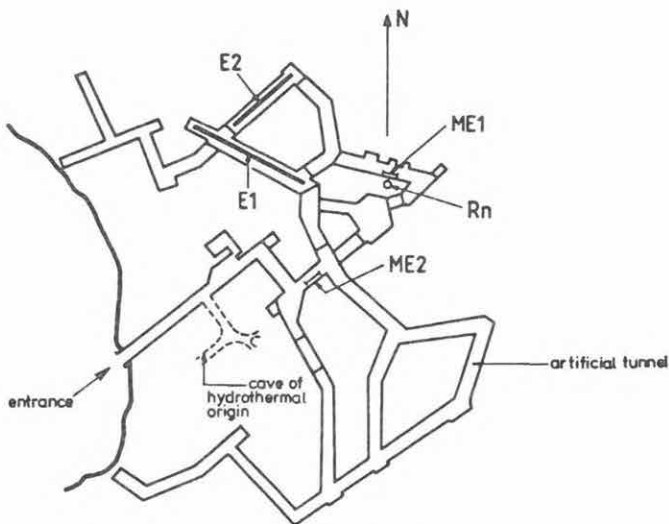
Observations with extensometers

Since February 1990, observations have been carried out by the two large extensometers (of length $E1=21.3$ m and $E2=13.8$ m) and by two 'micro' extensometers ($ME1=1.6$ m and $ME2=0.9$ m) located parallel to the former ones, crossing two faults in the cave. During this period, the extensometers have continuously been calibrated. The location sketch of the extensometers can be seen in *Fig. 75*. Our observations have been completed with radon emanation measurements, in cooperation with the experts of MÉV (Mecsek Mining Company). Results of measurements of experimental character carried out until July 1990 were reported for the first time at the Bonn meeting of the International Earth Tides Committee in September 1990 [VARGA et al. 1991].

P. Varga proved [1984] that the extent of annual drifts measured by extensometers does not depend on tectonic position of the observation stations. In 26 stations of the world values between $0.1 \cdot 10^{-6}$ /year and $6 \cdot 10^{-6}$ /year can be measured and in most cases the drifts approximate the theoretically probable maximum deformation values.

The upper part of *Fig. 76* shows the deformations recorded by microextensometers ME1 and ME2, and their thermometer readings (temp. ME1 and temp. ME2). Residual curves of observations performed by large extensometers can be seen in the lower part of the figure.

A part of the extreme values observed by microextensometer ME1 unambiguously coincides in time with extreme values appearing on the residual curves of the large extensometers. In the case of microextensometer ME2 this correlation is not unambiguous, in all probability because the equipment is near to the entrance



75. ábra. Regisztráló extenzométerek (E1, E2) és mikroextenzométerek (ME1, ME2), valamint a radon műszer helye (Rn) a Mátyás-hegyi Geodinamikai állomáson

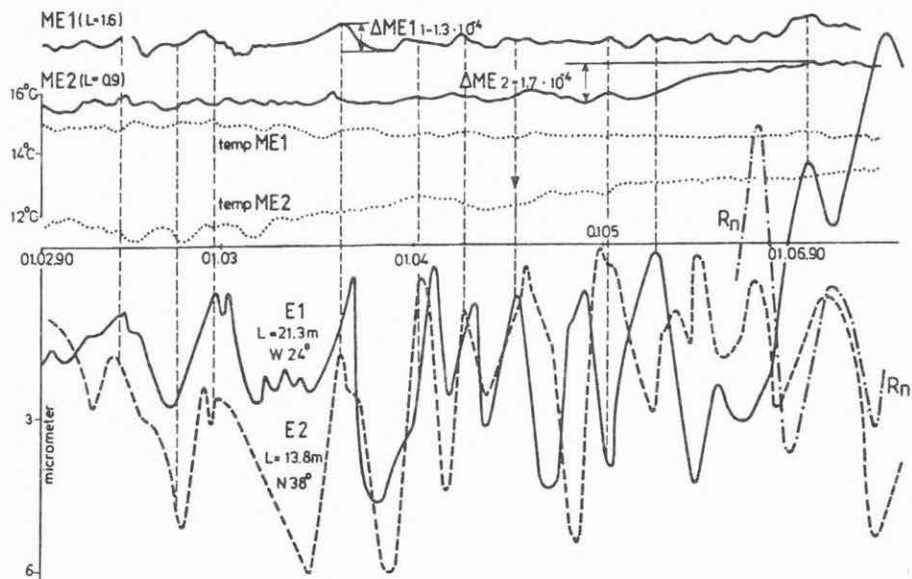
Fig. 75. Location of recording extensometers (E1, E2), of microextensometers (ME1, ME2) and of radon equipment (Rn) at Mátyás Hill Geodynamic Station, Budapest

рис. 75. Схема расположения регистрирующих экстенсометров (E1, E2) и микроэкстенсометров (ME1, ME2), а также прибора по замерам радона на Геодинамической станции Матьяш-хедь

eredményeivel. Említésre méltó, hogy a két extenzométer reziduálgörbéje hasanló lefutású a megfigyelési időszak első felében.

Ezt követően (április közepétől) a görbék menete ellentétes irányúvá vált. Erre az időszakra jellemző a 77. ábrán látható a hosszúperiódusú deformációk jellegének változása is, ami kapcsolatba hozható az ebben az időben lejátszódott geológiai folyamatokkal (pl. karsztvízszint változásával). Az E1 extenzométernél 30 μm nagyságú tágulás, még az E2 műszeren hasonló nagyságú kompresszió figyelhető meg.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a földárapály regisztráló műszerek menete nem csak instrumentális jellegű, az extenzométeres mérésekkel megfigyelt deformációk a földárapályon kívül tektonikai komponenseket is tartalmaznak. Az 1991. év feladata a kísérleti jelleggel végzett mérések állandósítása, az észlelési eredmények értelmezésénél a környékbeli geológiai folyamatok figyelembe vétele mellett.



76. ábra. A mikroextenzométerek megfigyelési és a nagyextenzométerek reziduál görbéi (a radon emanáció adataival) 1990. 02. 01 - 1990. 06. 05. között

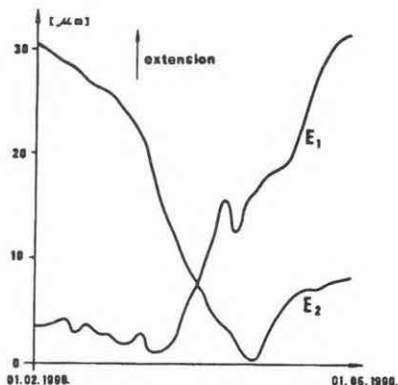
Fig. 76. Microextensometers observation curves and residual curves of large extensometers together with radon emanation data for the period 01 .02. 1990 - 05. 06. 1990.

рис. 76. Кривые наблюдений микроэктенсометров и резидуальные кривые больших экстенсометров (с данными эманации радона) в период с 01.02.1990 по 01.06.1990 года

of the station. It can be stated that the residual curve of extensometer E2 correlates with the results of radon investigations. It is mentioned that residual curves of the two extensometers have similar trends in the first half of the observation period.

Later (from the middle of April) the trends of the curves changed to the opposite direction. This period can be characterized by the change of character of long period deformations shown in Fig. 77. This can be linked with the geological processes that occurred during this time (e.g. the change of karstic water level). An extension of the order of 30 μm can be observed at extensometer E1 while a compression of similar amplitude — at E2.

On the basis of the investigations carried out it can be stated that the drift of the equipment recording the Earth tides is not only instrumental in character, the deformations observed by extensometers include tectonic components as well (besides the Earth tide). The task for 1991 is to routinize the measurements of



Megfigyelések graviméterrel

A földárapály graviméteres regisztrálása BN-07 graviméterünknek a tavaszi esőzések idején villámcsapás okozta meghibásadása miatt szünetelt. A graviméter javítása során tapasztalt jelenségek, valamint a korábbi években történt hasonló esetek figyelembe vételével az 1991. év feladatául tűztük ki a Mátyás-hegyi Geodinamikai állomás villamossági és érintésvédelmi szakvizsgálatát, ill. ennek ismeretében a szükséges intézkedések megtételét.

A graviméterek (a gravitációs árapály geofizikai értelmezése szempontjából különösen fontos feladatot jelentő) abszolút hitelesítését szolgáló ún. "abszolút" hitelesítő berendezés kivitelezési tervei elkészültek, ill a kivitelezés előkészületi munkálatai megkezdődtek.

A Föld belső szerkezetére vonatkozó elméleti geodinamikai vizsgálataink a Föld belsejében fellépő feszültség tanulmányozását célozták. E téma keretében 1990-ben

- az MTA-DFG (NSzK) együttműködésében vizsgáltuk a mag-köpeny határon lehetséges legnagyobb tangenciális és radiális feszültségeket;
- a belga-magyar együttműködés keretében folytatott árapálysurlódás vizsgálat során megállapítottuk, hogy a Föld forgássebességének csökkenése — az általánosan elfogadott nézettel szemben — nem lineáris. A forgássebesség csökkenés nonlinearitását a kontinensek elhelyezkedésében beállott változások okozták. E változások függvényeként meghatározható paleoárapály rekonstrukciója az 1991. év feladata.

References/Hivatkozások

- VARGA P., 1984: Long-term variations by extensometers. *Geophysics*, **55**, pp. 68-70
- VARGA P., VARGA T., 1991: A study of the nature of the drift curve recorded with different quartz tube extensometers. *Marees Terrestres, Bull. d'Informations*, **110**, pp. 8027-8031

- ↩ 77. ábra. A nagy extenzométerekkel (E1 és E2) észlelet hosszúperiódusú változások (a műszerrel együtt) 1990. 02. 01. - 1990. 06. 01. között
- ↩ Fig. 77. Long period deformations observed by the large extensometers (E1, E2) together with the equipment drift for the period 01. 02. 1990 - 01. 06. 1990
- ↩ рис. 77. Длиннопериодические изменения, фиксированные большими экстенсомерами E1 и E2 (с шагом прибора) в период с 01.02.1990 по 01.06.1990 года

experimental character and to consider the neighbouring geological processes during the interpretation of the observation results.

Gravimetric observations

Earth tide recording have temporarily been suspended because of the breakdown of our gravity meter BN-07 (as a consequence of high voltage caused by a thunderclap in the spring). Taking into account the phenomenon discovered during the repair of the gravimeter (and considered as the reason for the breakdown) and the similar cases that have occurred in recent years, one of our tasks for 1991 has been determined, viz. to check the electrical network of the Geodynamic Station at Mátyás Hill with particular regard to the viewpoint of safety and on this basis to take the necessary measures.

The absolute calibration of gravimeters is especially important for the geophysical interpretation of gravitational tides. Financial plans for the equipment performing absolute calibration have been completed and preparation works for realization have been started.

Theoretical geodynamic studies relating to the inner structure of the Earth were aimed at investigating the stresses in the interior of the Earth. In 1990 within the framework of this theme

- the largest possible tangential and radial stresses at the core-mantle boundary were studied in Hungarian-German (MTA-DFG) cooperation;
- during the Earth tide friction examination performed within the framework of a Belgian-Hungarian cooperation it was proved that the decrease of the Earth's rotation speed is not linear, in contradiction with the generally accepted opinion. This non-linearity is caused by changes in the localization of the continents. Reconstruction of the paleotides which can be determined as a function of these changes is a task for 1991.

4 PÉLDÁK AZ INTÉZET NEMZETKÖZI
TEVÉKENYSÉGÉBŐL

4 ELGI'S ACTIVITIES ABROAD

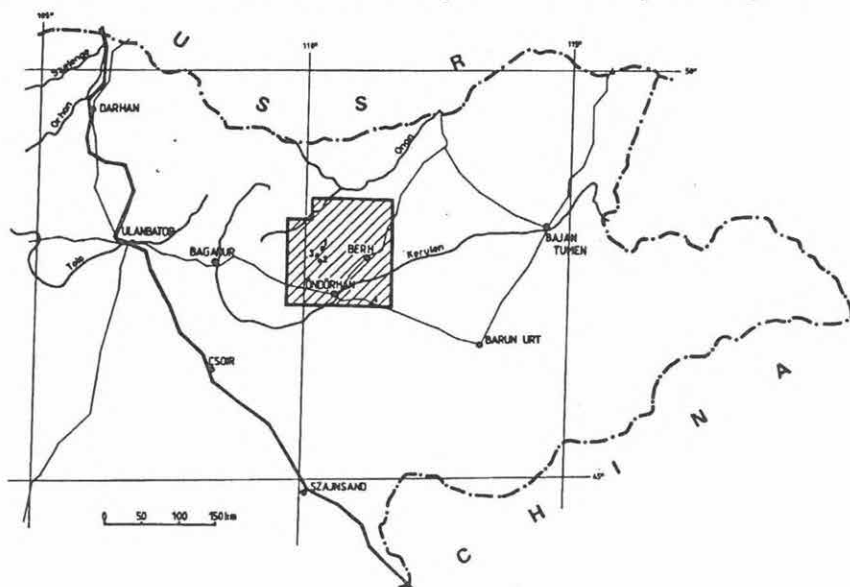
4. 1 A MONGÓLIAI NEMZETKÖZI FÖLDTANI EXPEDÍCIÓ EREDMÉNYEI

Kovácsvölgyi Sándor, Simon András, Zsille Antal

Mongóliában a KGST tagországok 1976-ban Mongólia és a többi tagország nyersanyag-bázisának bővítése céljából létrehozták a Nemzetközi Földtani Expedíciót. Az Expedíció 1990-ig működött, többnyire K-Mongóliában, az É-Kerüleni övezetben, illetve egy rövidebb periódusban D-Mongóliában, a Góbi-övezetben (78. ábra).

Az Expedíció feladata komplex földtani-geokémiai-geofizikai térképezés volt, kezdetben 1:200.000, majd a perspektivikus területeken 1:50.000 léptékben, valamint a felderítő fúrások kutatás, lelőhelyek részletes feltárása gazdasági-földtani értékelésükkel együtt.

Az expedíció felszíni geofizikai tevékenységét Intézetünk szakemberei látták el. Az 1:200.000 és 1:50.000 méretarányú földtani térképezéssel párhuzamosan



4. 1 RESULTS OF THE INTERNATIONAL GEOLOGICAL EXPEDITION IN MONGOLIA

Sándor Kovácsvölgyi, András Simon, Antal Zsille

The International Geological Expedition in Mongolia was established in 1976 by the then CMEA (COMECON) countries in an endeavour to enlarge the mineral base of Mongolia and the other country members. The Expedition worked till 1990, mainly in the North Kherlen zone in Eastern Mongolia and (for a shorter period) in South Mongolia in the Gobi area. The task of the Expedition was to carry out integrated geochemical, geophysical and geological mapping, to perform exploration drilling, and to open up and assess mineral deposits (*Fig. 78*).

The basic geophysical activities of the Expedition were performed by the ELGI's experts. Regional geophysical mapping was carried out by gravity, geoelectric and seismic methods, together with geological mapping on scales of 1:200 000 and 1:50 000. With regard to explored mineral indications, together with the geological mapping on scales of 1:10 000 and 1:5000 and the drilling work, a detailed geophysical survey was carried out utilizing geoelectric (VES, IP, resistivity profiling, electromagnetic), seismic, seismoelectric, magnetic, radiometric, microgravity and other methods.

78. ábra. Kelet-Mongólia áttekintő térképe


 Az észak-kerületi kutatási terület. Részterületek: 1—Öndörцaгáни ércmező; 2—Caгáг Csulut; 3—Tulan Obo; 4—Bujan Ul

Fig. 78. Location sketch of Eastern Mongolia with the North Kherlen survey area



 1—Ender Tzagan; 2—Tzagan Chulut; 3—Tulan Obo; 4—Buyan Ul deposits

рис. 78. Обзорная карта Восточной Монголии - контуры северокуруленского участка работ

 Детальные участки : 1— Ундурцаганское рудное поле; 2— Цаган Чулут; 3— Тулан Обо; 4— Буян Ул

regionális geofizikai térképezést végeztünk gravitációs, geoelektromos és szeizmikus módszerrel. A felderített nyersanyag-indikációk térségében pedig az 1:10.000 illetve 1:5000-es földtani térképezéssel és a fúrásos tevékenységgel párhuzamosan részletező komplex geofizikai mérések történtek geoelektromos (VESz, GP, ellenállás-szelvényező, elektromágneses), szeizmikus, szeizmoelektromos, földmágneses, radiometrikus, mikrogravitációs és egyéb módszerekkel.

A kutatások kezdetén a terület egy részéről csupán 40–50 évvel korábbi 1:500.000 léptékű földtani anyag állt rendelkezésre, igen szerény geokémiai megkutatottsággal és gyakorlatilag geofizikai adatok nélkül. 1990 végére az É-Kerületi övezet henteji kutatási területének 37.000 km²-e Mongólia legjobban megkutatott területévé vált. Elkészült az 1:200.000 léptékű földtani-geofizikai kutatás, jelentős részén 1:50.000 léptékű is. A megtalált objektumokon a perspektivitás függvényében végeztek részletező kutatásokat.

Az alábbi érclelőhelyek megtalálása és készletszámítással befejezett megkutatása könyvelhető el az Expedíció eredményeként:

1. Öndörcagán wolfram-molibdén lelőhely;
2. Möngön Öndör cink-ólom-ezüst lelőhely;
3. Hulin Holbo fluorit lelőhely;
4. Cagán Csulut molibdén lelőhely;
5. Ih Ul molibdén lelőhely.

A fentiekén kívül legalább öt olyan objektumot sikerült kimutatni, melyek nagy valószínűséggel ipari lelőhelynek fognak minősülni, de jelen megkutatottságuk nem teszi lehetővé a készletszámítást.

A továbbiakban néhány olyan terület kutatásáról adunk rövid tájékoztatást, amelyek a Magyarországon ismeretlen földtani modell vagy az alkalmazott geofizikai módszertan miatt érdekesek.

Ritkafém lelőhelyek kutatása

Ez a lelőhelytípus nem tartozik a geofizikai kutatások klasszikus objektumai közé, nemzetközi szakirodalma szerény, össze sem hasonlítható a szénhidrogén-, vagy színesérclelőhelyeken szerzett hatalmas tapasztalatokkal. Ennek oka, hogy az ércásványoknak vagy nincs olyan jellegzetes fizikai sajátossága, mely a kutatást lehetővé tenné (pl. wolframit), vagy ha van is ilyen (pl. a molibdenit gerjeszthető), az ipari lelőhelyeken is olyan alacsony az ásványtartalom, hogy a jellemző paraméter nem különbözik a háttértől. Ezért a kutatás csak közvetett lehet, vagyis geofizikai módszereinkkel nem az ércásványok tényleges feldúsulási helyeit keressük, hanem azokat a szerkezeteket, melyekről valamilyen egyéb információ alapján feltételezhetjük, hogy érchordozók. Ezt a fajta kutatást is megnehezíti azonban, hogy e lelőhelyek esetében nem lehet kijelölni olyan tipikus perspektív szerkezeteket, mint pl. a szénhidrogén lelőhelyek kupolacsapdáí. Ha léteznek is geofizikailag kutatható szerkezeti kritériumok, azok nem általános érvényűek, csupán egy-egy nagyobb földtani egység területére igazak, így a területen előbb

At the beginning of the survey, only geological data on a scale of 1:500 000 obtained 40-50 years ago were available from a part of the area to be surveyed — with some details from a geochemical survey and practically without geophysics. By the end of 1990 an area of about 37000 sq. km of the Hentei area of the North Kherlen zone had been converted into the best-mapped area of Mongolia. A geological-geophysical survey on a scale of 1:200 000 was performed; in a considerable part of the area on a scale of 1:50 000 as well. A detailed survey was carried out on the explored objects, depending on their prospects.

As a result of the Expedition, the following were found and explored (together with a calculation of the probable extent of the resources):

1. Ender Tzagan tungsten-molybdenum deposit;
2. Mungut Ender zinc-lead-silver deposit;
3. Khulin Kholbo fluorite deposit;
4. Tzagan Chulut molybdenum deposit;
5. Ikh Ul molybdenum deposit.

Moreover, we succeeded in revealing at least five objects which will be qualified, in all probability, as industrial deposits, but the available data do not allow the extent of the resources to be calculated.

Further on, information will be given on several research examples which are interesting either because of the geological model or because the geophysical methods employed are unknown in Hungary.

Prospecting of rare earth deposits

This type of deposit does not belong to the classical objects of geophysical prospecting; its technical literature is poor and cannot be compared with the huge background on hydrocarbon or base metal deposits. The reason for this lack of information is the following: the ore minerals do not usually have specific physical features which could make the prospecting possible (e.g. wolframite); or if there is such a feature (e.g. molybdenite is polarizable), the mineral content is so low even in industrial deposits that the value of the specific parameter does not differ from the background. So the prospecting can be indirect only, we search not for real accumulation areas of the ores but for structures which can be assumed on the basis of some other information to have considerable ore content. Unfortunately this kind of prospecting may be even more complicated for these deposits such typical promising structures as the structural traps of hydrocarbon deposits cannot be marked. Even if there are structural criteria for geophysical research, they are not of general validity and are true only for the area of a larger geological unit. This means that at first several typical structures should be found in the area and new objects characterized by similar geological-geophysical conditions should be sought later.

It can be proved for the Hentei research area that *zonal mineralization is typical*. Moving away from a certain centre the character of mineralization changes

találni kell néhány tipizálható objektumot, és csak ezután lehet analóg földtani-geofizikai szituációval jellemezhető új objektumokat keresni.

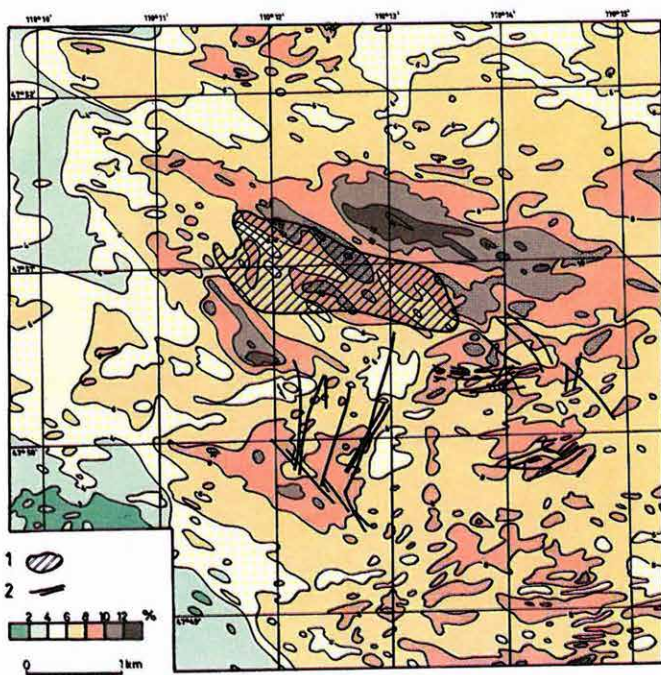
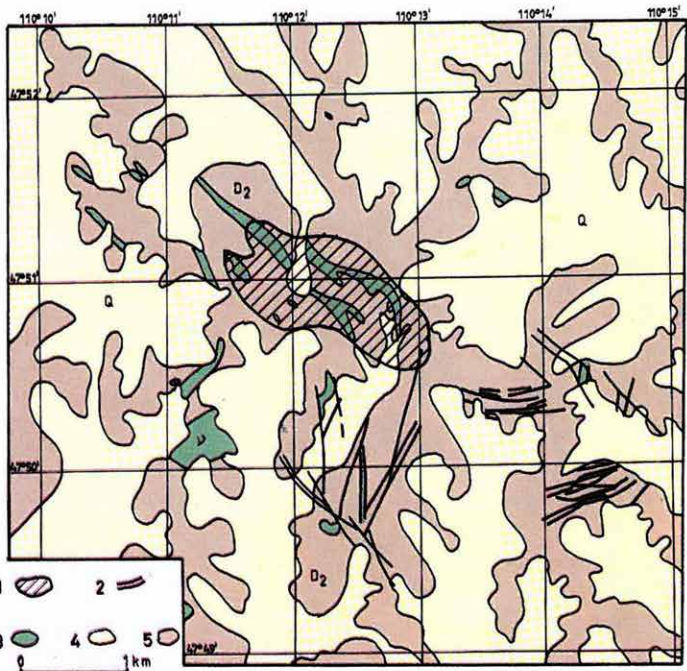
A henteji kutatási területen ma már megállapítható, hogy a *zónális ércesedés a tipikus*. Ebben az esetben a gránitmagmatizmussal kapcsolatos érces oldatból egy bizonyos középponttól távolodva a kihülési sorrendnek megfelelően változik az ércesedés jellege. Vagyis a központi részeken a magasabb hőmérsékleten kiváló wolframit, molibdenit, berill a jellemző, ettől távolodva találjuk a színesfémekre perspektivikus, geofizikai módszerekkel jól kutatható szulfidos övet, még tovább az alacsony hőmérsékleten kiváló antimonit és arany a jellemző. Ez az övezetesség természetesen nem mutatható ki mindenütt teljes egészében, hiszen a külső övezetekben az oldatok repedésmenti mozgása eltorzíthatja a gyűrűsémát. Emellett az ércképződés óta bekövetkezett tektonikai mozgások és az erózió következtében a szerkezet egyes részei eltűnhettek.

A geofizikai képben általában a szulfidos övezet jelentkezik a legmarkánsabban, intenzív GP értékek formájában, melyek mintegy körülölelik a ritkafémes — többnyire stockwerkként jelentkező — anomáliamentes területeket. A ritkafémes központi rész emellett általában ellenállás és mágneses minimum is. Az ellenállásminimumot a közzelélérek felett észlelhető lokális maximumok, illetve a törésvonalakat gyakran kísérő hosszan elnyújtott minimumok ugyan gyakran a felismerhetetlenségig torzítják, de az adatok símitó szűrése után már kimutatható. A mágneses minimum a vizsgált területeken ugyan kimutatható, de ennek nyilvánvaló elvi feltétele, hogy a stockwerk körzetének közzetei legalább enyhén mágnesesek legyenek.

Az *öndörögáni ritkafémes stockwerk* gabbroid közzelélérekkel átjárt devon palás összletben van (79. ábra). A palák szerves anyagot és szingenetikus piritet is tartalmaznak, ezért gerjeszthetőségük eleve nagy (80. ábra). A szulfidos övezet K és Ny irányban ismert, és a magas háttérszinten belül is intenzív GP anomáliákkal jelentkezik. Ebben az övezetben helyezkedik el a Möngön Öndör lelőhely. A legintenzívebb GP anomáliákat a stockwerktől északra találtuk, így a GP anomáliák ugyan látványosan gyűrűszerűen körbefogják a stockwerket, de az északi anomáliák nem hidrotermális szulfidosodás termékei, hanem a palák átlagosnál magasabb szervesanyagtartalmával kapcsolatosak. Ezt bizonyítja a gyakorlatilag tagolatlan anomália túl nagy mérete (5x1 km), az anomália tengelyének egybeesése a palák csapásirányával, valamint nem utolsósorban az a tény, hogy a környéken másfél évtizedig folytatott folyamatos kutatás itt nem mutatott ki szulfidércet.

A stockwerk felett a látszólagos fajlagos ellenállás 200–500 Ωm (81. ábra), mely nagyobb ugyan a közvetlen környezet 100–200 Ωm -es ellenállásánál, de jóval alacsonyabb a tágabb környezet 1000 Ωm -t meghaladó ellenállásánál. A közvetlen környezet kisebb ellenállását az okozza, hogy jóval kevesebb telérközetet tartalmaz.

A mágneses anomáliatérképen is a GP-hez hasonló gyűrűt találunk (82. ábra). A szulfidos övezet peremén húzódó anomáliákat az övezeten belüli fúrásokban sok helyen kimutatott pirrotinos ásványosodás okozza. Az északi terület részen az elnyúlt mágneses anomáliák közzelélérekhez kapcsolódnak. A központi



79. ábra. Az Öndörögáni ércmező földtani térképe

1—a ritkafémes stockwerk elterjedése; 2—szulfidérces zónák; 3—gabbroidok (devon); 4—negyedkori fedőréteg; 5—devon palás összet

Fig. 79. Geological map of Ender Tzagan ore field

1—the rare earth stockwerk; 2—zones of sulphidic ores; 3—Devonian gabbroids; 4—quaternary overburden; 5—Devonian schist complex

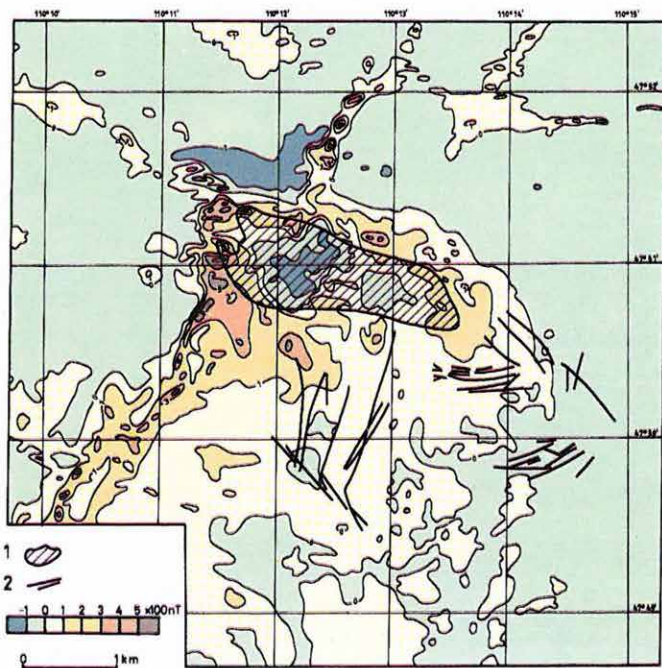
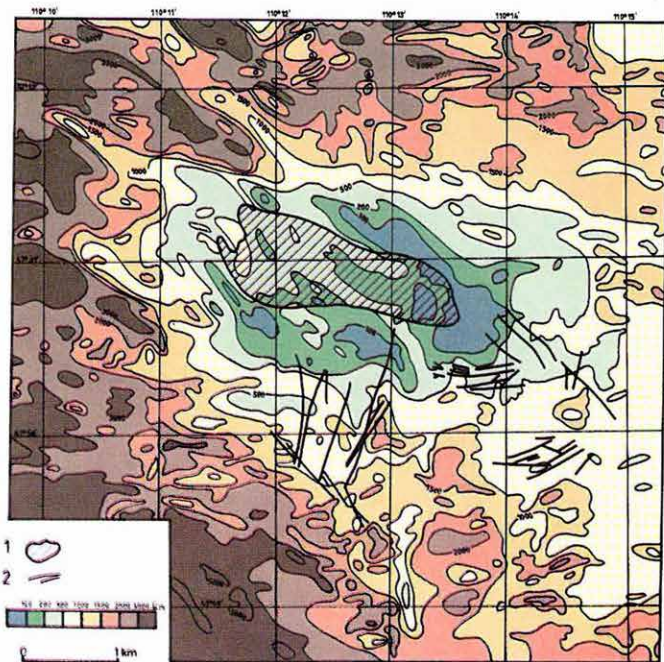
pus. 79. Геологическая карта Ундурцаганского рудного поля

1— контур редкометалльного штокверка; 2— зоны сульфидных руд; 3— габброиды девонского возраста; 4— четвертичные отложения; 5— сланцы девонского возраста

80. ábra. Az Öndörögáni ércmező gerjeszthetőség térképe

Fig. 80. Polarizability map, Ender Tzagan ore field

pus. 80. Карта поляризуемости Ундурцаганского рудного поля



81. ábra. Az Öndörцagáni ércmező látszólagos fajlagos ellenállás térképe

Fig. 81. Apparent resistivity map, Ender Tzagan ore field

рис. 81. Карта изоом Ундурцаганского рудного поля

82. ábra. Az Öndörцagáni ércmező mágneses (ΔT) anomáliatérképe

Fig. 82. Magnetic ΔT anomaly map, Ender Tzagan ore field

рис. 82. Карта изодинам аномального магнитного поля
Ундурцаганского рудного поля

depending on the order of cooling in the mineral solution connected to the granitic magmatism. It means that the central parts are characterized by wolframite, molybdenite and beryl, crystallizing at higher temperatures. Moving away from the centre, the sulphidic zone follows which is promising for base metals and can be well explored by geophysical methods. Farther from the centre, antimonite and gold crystallizing at low temperatures are characteristic. Of course, this zoning cannot be fully detected everywhere because the solutions moving along fractures may distort the ring-shaped scheme in the outer zones. Moreover, several parts of the structure may have disappeared because of erosion and tectonic movements after the formation of ores.

In the geophysical picture the sulphidic zone usually has the sharpest features. It appears in the form of high IP values surrounding the non-anomalous rare earth areas that appear mostly as stockwerk. Moreover, the central, rare earth area usually has low resistivity and susceptibility. Although the resistivity low is usually distorted to such an extent that it becomes unrecognizable because of local highs above rock veins or because of elongated lows following the faults, these lows can be detected after data smoothing. Magnetic lows can be detected on the survey areas but there is an obvious principal condition for this: the rocks of the stockwerk area should be at least moderately magnetic.

The Ender Tzagan rare earth stockwerk is located in a Devonian shale sequence permeated by gabbroic dykes (Fig. 79). Shales, containing organic material and syngenetic pyrite, have high polarizability (Fig. 80). The sulphidic zone is known in E and W directions and is characterized by high IP values even in a strong background. In this zone the Mungun Ender deposit is located. The highest IP values were found to the north of the stockwerk. So though the ring-like IP anomalies surround the stockwerk, their northern part is due not so much to hydrothermal sulphides but rather to the organic content of the shales being higher than the average. This is proved by the too large dimensions (5x1 km) of the practically unsectioned anomaly, by the coincidence of the anomaly axis to the strike direction of the shales and, finally, by the fact that a continuous survey over a period of fifteen years did not lead to any sulphidic ores.

The apparent resistivity above the stockwerk is 200 to 500 Ωm (Fig. 81) which is higher than the 100–200 Ωm value of the near surroundings but is considerably less than the resistivity of the farther environment above 1000 Ωm . Lower resistivity of the near surroundings is caused by the smaller quantity of compact dykes.

The magnetic anomaly map also shows a ring similar to the IP picture (Fig. 82). Anomalies at the edge of the sulphidic zone are caused by pyrrhotite mineralization frequently found in the drillings within the zone. In the northern part the magnetic anomalies are connected to the dykes similarly to the elongated anomalies. In the central part there is no anomaly, although in this case it is not a research criterion because neither do the Devonian shales of the near and far environment show any susceptibility.

The Tzagan Chulut molybdenum deposit is found in granitic rocks of Carboniferous age. The deposit is of stockwerk type and — in contrast to the Ender Tzagan

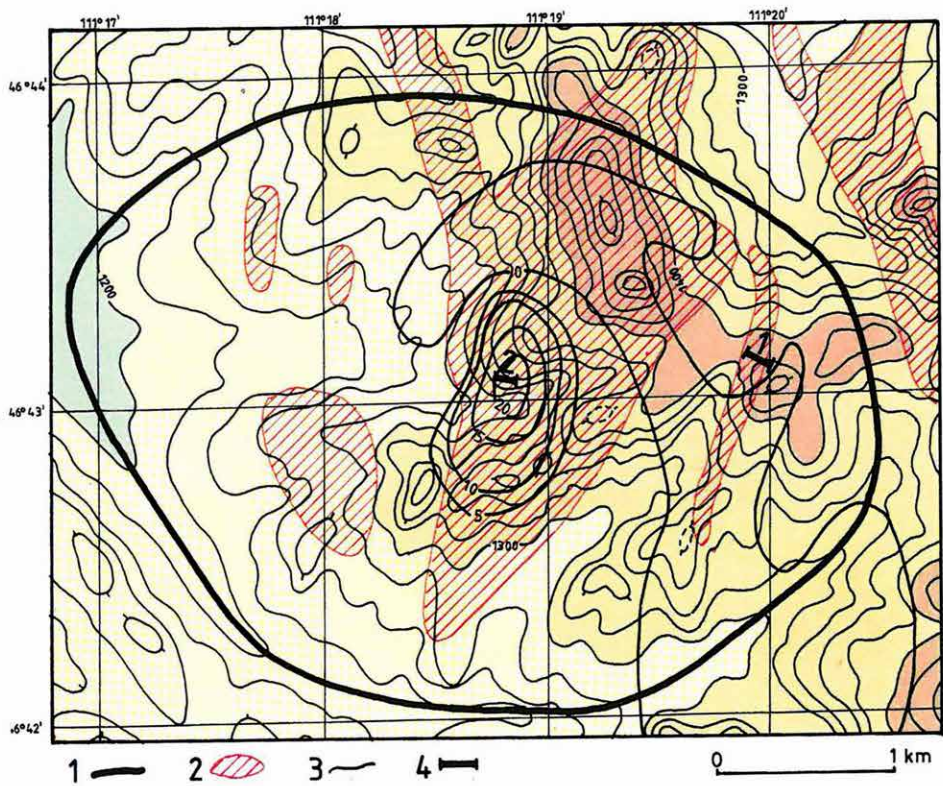
rész anomáliamentes, bár ez esetben ez nem kutatási kritérium, hiszen a közeli-távoli környezet devon palái mindenütt azok.

A *Cagán Csulut molibdén lelőhely* karbon korú granitoid kőzetekben helyezkedik el. A lelőhely stockwerk típusú, és az öndörccagánitól eltérően itt nincs jól kifejezett szulfidos övezet. A szulfidérccek néhány haránttörés mentén a stockwerk-től 1–2 km-es távolságban jelennek meg. Ennek következtében a GP anomáliák alapján a stockwerk nem lokalizálható. Ugyanakkor a stockwerk felett igen nyugodt, anomáliamentes a mágneses tér, míg a környezetében ugyanolyan, de ércre meddő granitoidokon kisméretű, 100–200 nT-ás anomáliák sokasága változik. Nyilvánvaló, hogy ugyanazok a folyamatok, amelyek az ércképződéshez vezettek, egyúttal eltávolították a mágneses ásványokat az alapkőzetből. A stockwerk területét így az anomáliák hiánya jelzi. A lehatárolás helyességét a felderítő-értékelő fázisban elvégzett fúrásos-árkolásos feltárás bizonyította.

A *Bujan Ul* lelőhely reménybeli, melynek meglétét jelenleg csak felszíni geokémiai minták, illetve néhány kutatóárok kedvező eredményei támasztják alá. A kimutatás eredetileg tisztán geofizikai–geomorfológiai adatok elemzésén alapult, melyet éppen a fenti lelőhelyen szerzett tapasztalatok általánosítása és továbbgondolása tett lehetővé.

Az objektum az Öndörccagánról ismert devonkorú palás összlet elterjedési területén fekszik. A kutatást geokémiai anomáliák, illetve a terepbejáráson megismert néhány ólomérces ásványosodási pont alapján eredetileg színesfém ércesedés kimutatására terveztük. A ritkafém perspektívására az előzőektől eltérő módon (de hasonló földtani séma szerint) nem mágneses minimum, hanem intenzív, mélységi hatóra utaló mágneses maximum hívta fel a figyelmet. Az anomália a palás összlet felett mintegy 2500 nT maximális értékű (83. ábra) olyan földtani környezetben, ahol ilyen erősen mágnesezett anyagok 30 kilométeres körzetben ismeretlenek. A hatószámítás 500–600 méteres mélységet adott. Geomorfológiailag az anomália egy kb. 5x4 km-es ovális kettős gyűrűs szerkezet (83. ábra) központjában helyezkedik el. A gyűrű belső oldala völgy, külső oldala hegygerinc. A gyűrű belsejében sugárirányú völgyek is vannak, melyek az anomália felett metszik egymást. Az ismert ólom–cink ásványosodási pontok a gyűrű belsejében találhatóak, a GP anomáliák is itt koncentrálnak, bár egyes törések mentén a gyűrűből hosszan kinyúlnak (83. ábra). A gyűrű belső részén simítószűrés után már jól látható, hogy az ellenállás valamivel alacsonyabb a környezet ellenállásánál.

A fenti tények, valamint a más területen szerzett tapasztalatok alapján a következő értelmezést alakítottuk ki. A mélységben bekövetkezett magmabenyomulás kontakt zónájában feldúsult a magnetit, mely a mai mágneses anomália hatója. Ezt támasztja alá, hogy a felszínen ismert palás összletben mészkőbetelepülések is ismertek, így a magnetites szkarn képződéséhez szükséges mészkő a területen bizonyítottan jelen van. A magmabenyomulás hozta létre a felszíni formaelemeket is, illetve azt a törésrendszert, melynek megléte e morfológia kialakulásához vezetett. A magmabenyomulás környékén kialakult a kihűlési sornak megfelelő övezetes ércesedés, melyet azonban az előzőekben ismertetett lelőhelyektől eltérően az erózió még nem tárt fel a ritkafémes ércesedésig, a



83. ábra. A Bujan Ul kutatási terület domborzata és geofizikai anomáliái
1—Bujan Ul-i gyűrű; 2—GP anomáliák; 3—a központi mágneses anomália izoanomál vonalai
(az értékek 100nT egységben); 4—kutatóárok

Fig. 83. Topographic map with selected geophysical anomalies, Buyan Ul deposit
1—the ring of Buyan Ul; 2—IP anomaly; 3—magnetic anomaly lines, central magnetic anomaly
(values is 100 nT); 4—trench

рис. 83. Карта поверхности и геофизических аномалий участка Буян Ул
1—кольцевая структура; 2—аномалии ВП; 3—изодинамы магнитного поля центральной
аномалии (отмеченные значения в ед. 100 нТл); 4—канавы

deposit — here no well-developed sulphidic zone can be found. The sulphidic ores appear at a distance of 1–2 km from the stockwerk, along transverse faults. Because of this the stockwerk cannot be localized on the basis of IP anomalies. At the same time the magnetic field above the stockwerk is very quiet and there are no anomalies, while a lot of small anomalies of 100–200 nT alternate in its surrounding above similar but not ore-bearing granitoids. Obviously, the ore-forming processes removed the magnetic minerals from the base rocks. The stockwerk has been detected by the anomaly-free area; it has been proved by drillings and trenches carried out in the exploratory-evaluating stage.

In these days the existence of the promising *Buyan Ul* deposit is supported only by surface geochemical probes and the favourable results from several trenches. The hypothesis for the deposit was primarily based on analysing geophysical and geomorphological data only, which was made possible by generalizing the experience obtained just in the above deposit.

The object is in the area of Devonian shale sequence known from Ender Tzagan. The survey was originally planned for base metal prospecting on the basis of geochemical anomalies and several mineralization points containing lead ore known from field inspections. The rare earth prospects were indicated — in a different way from the above but based on a similar geological scheme — not by a magnetic low, but by an intensive magnetic high referring to a deep target. The amplitude of the anomaly above the shale sequence is about 2500 nT in such a geological environment where similar strongly magnetized formations are unknown within a 30 km sector (Fig. 83). The depth of the target has been determined as 500–600 m depending on the model. Judging from the geomorphology, the anomaly is located in the centre of a double ring-shaped oval structure of about 5x4 km. The inner part of the ring is a valley and the outer part is a crest. Within the ring there are radial valleys, too, which cross above the anomaly. The known lead and zinc mineralization points can be found inside the ring, as well as the IP anomalies, although they extend for a considerable distance along several faults. It can well be seen in the inner part of the ring that the resistivity is a little bit less than that of the surroundings.

On the basis of the above facts and experiences obtained at other sites the following interpretation has been made: the magnetite concentration has increased in the contact zone of deep magmatic intrusion and it is the causative body of the present magnetic anomaly. This is supported by known limestone interbeddings within the surface shale sequence (the presence of limestone necessary for the development of magnetitic scarn). The magmatic intrusion has produced the above morphologic features and the fault system, the existence of which resulted in the formation of this morphology. Zonal mineralization matching the order of cooling has been formed near the magmatic intrusion. Here, in contrast to the above-mentioned deposits, erosion has not yet exposed the deposit to rare earth mineralization. On the surface the mineral association characteristic for the sulphidic zone can be found in the central area.

Our supposition has not yet been checked by drilling. However, a trench (No. 1 in Fig. 83) excavated on a characteristic IP anomaly of about 1.5 km length

felszínen a központi részen is a szulfidos öv jellegzetes ásványtársulását találjuk. Feltételezésünk fúrásos ellenőrzésére még nem került sor, azonban az egyik jól lokalizálható, 100 m szélesség mellett mintegy 1,5 km hosszú GP anomálián kihajtott kutatóárok 3 érces zónát tárt fel, összesen 22 m vastagsággal, 2,5 % átlagos cink, 0,5 % ólom és 40 g/t ezüsttartalommal (83. ábra, 1-es kutatóárok). A központi részen kihajtott kutatóárokban pedig ugyan szerény koncentrációval, de már egyértelműen megjelenik a molibdénércesedés. Feltételezésünk szerint itt, a környezet térszintjénél mintegy 100 méterrel alacsonyabban kezdődhet a ritkafémes övezet, melynek koncentrációja a mélyebb szinteken növekedni fog.

Szulfidos ércek kutatása

Az előző lelőhelytípusoktól eltérően a szulfidércek kutatásában világszerte széleskörűen alkalmazzák a geofizikai módszereket, a téma szakirodalmi könyvtáryai. Hintett ércek kutatása esetén a vezető módszer általában a gerjesztett polarizációs módszer valamely változata. Az általános alkalmazás ellenére mindmáig gyakorlatilag megoldatlan a GP anomáliák hatóinak minősítése. A hasznosítható ércásványok mellett ugyanis olyan egyéb anyagok is jól gerjeszthetők, mint a terrigén üledékes összletekben gyakran jelenlévő szenes anyag és szingenetikus pirit, valamint a hidrotermális folyamatban is mindenhol megjelenő pirit. Ez egyben azt is jelenti, hogy a kutatási fázisok előrehaladtával a GP módszer egyre kevésbé alkalmas a feladatok megoldására. A felderítő fázisban, amikor a feladat az ércgyanús területek kijelölése, a GP anomáliák még rendkívül hasznosak, ha sikerül kiszűrni a nem-hidrotermális szulfidosodás által okozott anomáliákat. A későbbi fázisokban azonban a feladat a már megtalált ércesedés megismerése, a készletszámítás megalapozása, így a pusztán piritre fúrt fúrások adatai inkább zavaróak, vagyis a konkrét földtani-geofizikai modell ismeretében más módszerek alkalmazása célszerűbb lehet.

A nem-hidrotermális ércesedés okozta GP anomáliák kiszűrésére a földtani és geofizikai adatok összevetése bizonyult célravezetőnek. A földtani szituáció olyan kritériumait kerestük, melyek kizárják a GP anomáliák nem-hidrotermális eredetét. A következő esetekben fogadtuk el perspektivikusnak az anomáliákat:

- magmás kőzetek feletti anomáliák (ebben az esetben a szerves anyag jelenléte kizárható);
- olyan anomáliák, melyek tengelye nem követi az üledékes összlet csapásirányát.

Az eltérő csapásirány az eltérő eredet biztos jele. Természetesen előfordulnak csapásirányú ércetek is, melyeket a fenti módszer nem jelez, a felderítő fázisban azonban nem feladat minden ércetest megtalálása. Mindemellett a geofizikai adatok a geokémiai adatokkal is összevetésre kerülnek, ez alapján a csapásirányú ércetek is detektálhatók. A geokémiát mellőző előzetes értékelést általában az elemzési adatok hiánya tette szükségessé.

and 100 m width crossed three mineral zones of 22 m total thickness with average contents of 2.5 % for zinc, 0.5 % for lead and 40 gr/t for silver. The molybdenum mineralization of poor concentration unambiguously appears in the central part of the trench. Our supposition is that the rare earth zone will begin here at about 100 m lower than the surface of the surroundings; the concentration will increase at the lower horizons.

Sulphidic ore prospecting

In contrast to the previous deposit types, the geophysical methods applied in searching for sulphide ores are globally wide-spread, the topic has a huge technical literature. The leading method in the search for disseminated ores is usually one of the versions of the induced polarization method. In spite of general use, the qualification of causative bodies of the IP anomalies has not been solved up till now. Besides utilizable ore minerals, there are other inducible formations such as carbonized clay and syngenetic pyrite often occurring in terrigenous sedimentary sequences, and the pyrite which always occurs in hydrothermal processes. So in later phases of the survey the IP method is less applicable. In the exploratory phase the task is to mark areas promising for ores. Here the IP data give very useful information if we succeed in sifting out the anomalies that are not caused by hydrothermal sulphidic mineralization. In the later survey stages, however, the task is to learn more about the detected ore occurrence, and to assess the ore. Boreholes drilled for pyrite only are rather confusing: knowing the geological-geophysical model, the application of other methods may be more practical.

A comparison of the geological and geophysical data proved to be the best way of recognizing IP anomalies that are not caused by hydrothermal ore formation. We tried to find such criteria of the geological situation whose existence excludes the non-hydrothermal origin of IP anomalies. Anomalies are taken to be promising in the following cases:

- anomalies above magmatic rocks (in this case the presence of organic material can be excluded);
- anomalies whose axes are not parallel to the strike direction of the sedimentary sequence.

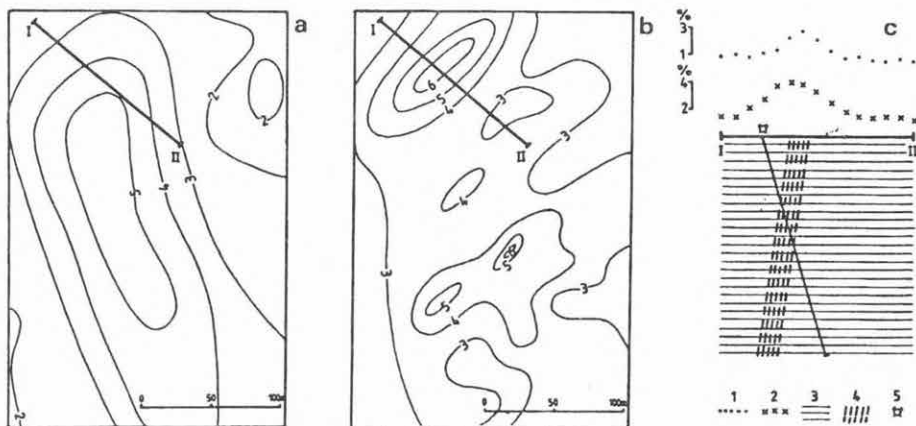
The different strike directions are sure marks of different origin. There are, of course, ore bodies parallel to the strike direction and they would be weeded out by this method, but in the exploratory stage the task is not to find every ore body. Nevertheless, geochemical data can detect strike-parallel ore bodies as well. Preliminary appraisals disregarding geochemistry were usually necessary because of the lack of data from chemical analysis.

Drillings on anomalies considered to be promising by the given interpretation procedure should be prepared with further survey. IP measurements carried out by middle gradient array are affected by all polarizable objects between the current electrodes; inevitably these result in false anomalies, distortion of real anomalies,

Az adott értelmezési sémával perspektivikusnak tartott anomáliák fúrásos feltárását további mérésekkel kell előkészíteni. A felderítő fázisban alkalmazott, középgradiens elrendezésű GP mérések esetében az adott pontban mérhető térre a tápelektrodák között, illetve azok környezetében található valamennyi gerjeszthető objektum hatással van, ami álanomáliák megjelenéséhez, valamint a valódi anomáliák torzulásához, a hatóhoz képest elcsúszásához vezethet. Ezért kisebb tápelektroda-távolságú mérésekkel tisztázni kell az anomáliák pontos helyét. A ferde fúrásokkal történő feltáráshoz elengedhetetlen az is, hogy legalább a ható dőlésirányát ismerjük. A két feladat együttes megoldására eleinte két különböző tápelektroda-távolsággal végeztünk szimmetrikus elrendezésű szelvényezést, a tapasztalatok azonban azt mutatták, hogy a fúrások optimális elhelyezéséhez ez sem elegendő, szükséges az anomália központi részének újabb, kis tápelektroda-távolsággal, 1:1000–1:2000 léptékben végzett középgradiens elrendezésű részletezése is. Ez utóbbi mérések egyértelművé teszik a hatók helyét, míg a szelvényezések eredményéből a dőlésirány becsülhető az anomália helyzetének a behatolási mélység növelésével bekövetkező változása alapján.

A fenti módszerek együttes alkalmazásával az elmúlt évek folyamán mintegy 20 GP anomália fúrásos és/vagy árkolásos feltárását készítettük elő. A megközelítés helyességét mutatja, hogy valamennyi esetben hidrotermális eredetű szulfid-ásványosodást találtunk.

Egy példát a 84. ábrán mutatunk be a Tulán Obo területéről. Az ércesedést itt is devon palás összetételben mutattuk ki. Az átnézetes, 100x50 méteres hálózatban, 1950 méteres AB mellett mért markáns GP anomália a részletező mérések (650 méteres AB, 20x20 méteres hálózatban) eredményei szerint több kisebb objektum együttes hatása. Emellett a kis testek csapásiránya is eltér attól, amit az átnézetes mérések során kimutatott anomália sugall. A részletes mérések alapján tervezett, két tápelektroda távolsággal végzett szimmetrikus szelvényezés adatai lehetővé tették a hatóbecslést, illetve a feltáró fúrás kitűzését. A fúrás a jelzett zónában hidrotermális, kvarcos illetve szulfidos ereket tárt fel.



and the shift of anomalies in relation to the causative bodies. Therefore the exact location of anomalies should be clarified with profiling using shorter electrode spacing. At least the dip direction of the causative body should be clear, in order to hit it by dipping drillings. To solve both tasks simultaneously, at first profiling of symmetric electrode array was carried out by two different electrode spacings. Experience showed however, that this was not sufficient for determining the best location of drillings: a detailed middle gradient survey on a scale of 1:1000 or 1:2000 by short electrode spacing was necessary, too, in the central part of the anomaly. Location of the bodies can unambiguously be determined by this survey while the dip direction can be estimated from the profiling results, using the translation of anomalies with increasing penetration depths.

In recent years it was possible to clarify by drilling and/or trenches about 20 IP anomalies by simultaneous application of the above methods. In all cases sulphidic mineralization of hydrothermal origin was found which proved the above conception was correct.

Fig. 84 shows an example from the Tulan Obo area. Mineralization was again recognized in Devonian schist compound. The sharp IP anomaly (measured at 1950 m AB in a 100x50 m survey network) is the joint effect of several small objects, according to the detailed measurements at 600 m AB in a 20x20 m survey network. The dip direction of the separate bodies differs from the one which can be concluded from the reconnaissance survey. Appraisal of the causative bodies and the setting out of the drillings were made possible by symmetrical profiling planned on the basis of the detailed measurements and carried out with two different current electrode spacings. The drilling explored hydrothermal, quartz and sulphidic veins in the marked zone.

84. ábra. Egy érdekes GP anomália a Tulan obo területen

a— gerjeszthetőség térkép (AB=1950 m, hálózat 100x50 m); b— gerjeszthetőség térkép (AB=600 m, hálózat 20x20 m); c— földtani szelvény és a GP szelvényezés eredményei az I-II szelvényen

1—gerjeszthetőség AB=50 m mellett; 2— gerjeszthetőség AB=210 m mellett; 3— devon palás összlet; 4— szulfidérces zóna; 5— kutatófúrás

Fig. 84. Revision of an interesting IP anomaly, Tulan Obo zone

a— polarizability map (AB=1950 m, 100x50 m network); b— the same as a,(AB=600m, 20x20 m network); c— IP profile results and geologic interpretation, I-II profile
1— polarizability, AB=50; 2—the same as 1, AB=210 m; 3—Devonian schist compound; 4—zone of sulphidic ores; 5— drillhole

рис. 84. Геофизические данные по одной из аномалий ВП участка Тулан Обо

a—карта поляризуемости при АВ=1950 м, сеть 100x50 м; б— карта поляризуемости при АВ=600 м, сеть 20x20 м; в— геологический разрез и данные симметричного профилирования ВП по профилю I-II

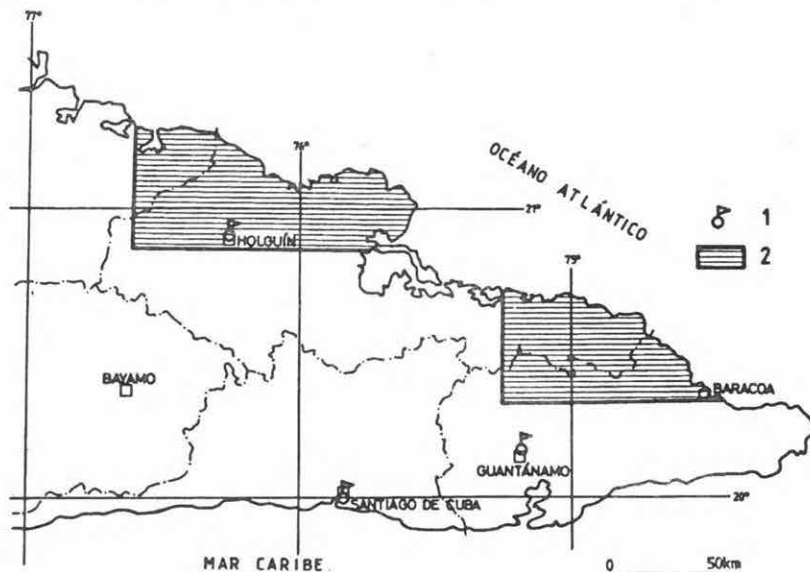
1— поляризуемость при АВ=50 м; 2— поляризуемость при АВ=210 м; 3— сланцы девонского возраста; 4— зона сульфидных руд; 5— скважина

4. 2 FÖLDTANI EXPEDÍCIÓK KUBÁBAN

Kakas Kristóf, Fernando Mondelo Díaz (UEG/EGSC, Kuba), Zalai Péter

A nyolcvanas évek elején az európai KGST tagországok elhatározták, hogy segítséget nyújtanak Kuba természeti kincseinek rendszeres feltáráshoz (moszkvai konvenció). A segélyprogram keretében bolgár, cseh–szlovák, (kelet)német, lengyel, szovjet, és nem utolsósorban magyar geológusok–geofizikusok dolgoztak egy-egy terület (poligon) földtani–geofizikai megkutatásában. Ezeket a nemzetközi expedíciókat kétoldalú műszaki–tudományos együttműködési szerződések és áruszállítási szerződések egészítették ki. Az ilyen típusú nemzetközi összefogás 1990-ben befejeződött.

Az *első Magyar–Kubai Földtani Expedíció* 1983 és 1988 között Holguín székhellyel működött (4. sz. poligon, 85. ábra). Munkájáról már többször beszámoltunk az Évi Jelentésben. Mintegy 3200 km²-nyi területen végeztük el az 1:50.000-es méretarányú földtani térképezést (beleértve a regionális szelvények



4. 2 GEOLOGICAL EXPEDITIONS IN CUBA

Kristóf Kakas, Fernando Mondelo Díaz (UEG/EGS, Cuba), Péter Zalai

In the early eighties, the European CMEA (COMECON) countries decided to cooperate in a systematic programme to discover the natural resources of Cuba (Moscow Convention). Within the framework of the support project, Bulgarian, Czechoslovak, (East) German, Hungarian, Polish and Soviet geologists and geophysicists worked in the geological-geophysical research of different areas (polygons). These international expeditions were completed with bilateral scientific and technical cooperation agreements and contracts. This kind of international cooperation was finished in 1990.

The *first Hungarian-Cuban Geological Expedition* worked from 1983 till 1988 in Holguin (polygon 4, Fig. 85). Details of its work appeared several times in the Annual Reports of ELGI. Geological mapping on a scale of 1:50 000 was carried out in an area of about 3200 sq. km (including the geophysical measurements along regional profiles) and gravity, aeromagnetic and aero-radioactive data were interpreted. On the basis of the geological indications, mineral prospecting on a scale of 1:10 000 was started in 31 smaller sites (on the sectors). Ground geophysical survey had a fundamental role in the research of the sectors. As a



85. *ábra.* A magyar-kubai geológiai expedíciók helyszíne (1983-1990)
1— az expedíciók központjai; 2—térképezett terület (4. sz. "Holguin" poligon és 5. sz. "Guantánamo-É" poligon)

Fig. 85. Location map of the Hungarian-Cuban geologic expeditions (1983-1990)



1—bases of the expeditions; 2—areas mapped ('Holguin' polygon No. 4 and 'Guantánamo-North' polygon No. 5)

рис. 85. Базы и участки работ венгерско-кубинских геологических экспедиций (1983-1990)



1— базы экспедиций; 2— заснятый участок (участок 4. "Олгин" и участок 5. "Гуантанамо-Север")

mentén a geofizikai méréseket), értelmeztük a gravitációs, légi mágneses és légi radioaktív adatokat. A földtani indikációk alapján 1:25.000...1:10.000-es méretarányú nyersanyagkutató térképezés indult 31 kisebb részterületen (a szektorokon). A szektorok kutatásában alapvető szerep jutott a felszíni geofizikai méréseknek. Az expedíció munkájának eredményeképpen egy sor nyersanyagelőfordulás vált ismertebbé (szulfidércsek, arany, foszforit, bentonit, torlatos arany stb). Ez az expedíció 1990 tavaszán védte meg jelentését a legmagasabb szakmai minősítéssel.

1988 és 1990 között egy ennél jóval kisebb létszámú *magyar szakértői csoport* nyújtott segítséget az holguíni poligon nyersanyagperspektivikus zónáinak értékelésében, illetve továbbkutatásának előkészítésében. A nyersanyagkutató térképezés 31 szektora közül perspektivitása alapján két arany és egy réz lelőhely (Reina Victoria, Melquiades és Monte Rojo) továbbkutatását kezdtük meg.

A Kuba egyetlen működő aranybányáját magába foglaló Reina Victoria lelőhely szerpentinit környezetbe ágyazott dioritblokkjának részletező kutatására 20x25 m-es hálózatban mágneses, radiometrikus, ellenállás és gerjesztett polarizációs térképezést végeztünk, mivel az aranyat tartalmazó diorit a szerpentinit környezettől — magasabb radioaktivitásával, kisebb mágneses szuszceptibilitásával és enyhén piritesedett voltából adódó polarizálhatóságával — elkülöníthető. A Melquiades szektor aranytorlatának kutatására mikromágneses és VESz méréseket alkalmaztunk, hogy a 6–16 m vastagságú fiatal fedő vastagságának térképezésével lehetőséget kapjunk a nehézasványok feldúsulási zónáinak kijelölésére.

A szakértői csoport hazatértekor gyakorlatilag mindkét munka folyamatban volt, míg a harmadik lelőhely részletes kutatási tervének végrehajtása még meg sem kezdődött.

A második Magyar–Kubai Földtani Expedíció 1987 és 1990 között dolgozott Kuba keleti részén (85. ábra), 2400 km² területen (5. sz. poligon, Guantánamo–Észak). Ez Kuba legnehezebben járható területe, ahol szubtrópusi esőerdők borítják az 1000 m-nél magasabb, lakatlan hegységeket. Az anyagellátási és a logisztikai problémákon túl a geofizikai felmérést hátráltatta, hogy nem volt meg a regionális gravitációs felmérés, késvé hajtották végre a légi geofizikai térképezést és hiányoztak a területre vonatkozó távérzékelési adatok. 1990 végére a geofizikai munkákról szóló jelentés és ennek módszertani segédletei elkészültek, a jelentést megvédtük, az expedíció és felszerelése rendben hazatért. Mindkét Expedíció a Santiago de Cuba-i Geológiai Kutatóvállalat (Empresa Geologica de Santiago de Cuba) keretében működött.

A kubai és magyar szakértőkből álló expedíció feladata a földtani térképezés, a geofizikai felmérés és a poligon nyersanyagelőfordulásainak értékelése volt. Ezen belül a geofizikai jellegű munkák közül a fontosabbak a következők voltak:

- *regionális szelvények* mentén gravitációs, mágneses, radioaktív és geoelektromos méréseket végeztünk; ezek szolgálták alapul a komplex (földtani) szelvények megszerkesztéséhez és a poligon rétegtani formációinak paramétervizsgálatához;

result of the work of the expedition quite a number of raw material occurrences became more known (sulphidic ores, gold, phosphorite, bentonite, placer gold, etc). In the spring of 1990 the expedition was able to report on the high professional level of its work.

From 1988 to 1990 a far smaller *group of Hungarian experts* contributed to the assesment of promising zones of the Holguin polygon and to the preparation of their further exploration. From the above mentioned 31 sectors of geological mapping, further exploration was started in two gold occurrences and in a copper one (Reina Victoria, Melquiades and Monte Rojo), on the basis of their promising qualification.

Detailed magnetic, radiometric, resistivity and induced polarization mapping was carried out in a grid of 20x25 m on the diorite block embedded in the serpentinite environment of the Reina Victoria occurrence. This occurrence includes the only operating gold mine of Cuba. Methods were chosen because diorite containing gold can be separated from the serpentinite environment on the basis of its higher radioactivity, less magnetic susceptibility and higher polarizability (due to its weak pyritization). The aim of micromagnetic and VES measurements carried out on placer gold of the Melquiades sector was to indicate the enrichment zones of heavy minerals, on the basis of determining the thickness and structure of 6 to 16 m thick young sediments.

Both of these tasks were in progress when the group of experts returned home while the third detailed work had not even started at that time.

The second Hungarian-Cuban Geological Expedition worked from 1987 till 1990 in the eastern part of Cuba, in an area of 2400 sq. km (polygon No. 5, Guantánamo North, Fig. 85). This is the most impassable area of Cuba, where uninhabited mountains higher than 1000 m are covered by subtropical rain forests. Apart from logistic and material supply problems the geophysical measurements were hindered by the absence of a regional gravity map, by the late performed airborne-geophysical mapping and by the lack of remote sensing data relating to the area. By the end of 1990 the report on the geophysical work and its methodological appendices were finished, the official report was given, and the expedition with its equipment returned home. Both expeditions worked within the framework of the Geological Research Enterprise, Santiago de Cuba (Empresa Geologica de Santiago de Cuba).

The task of the expedition consisting of Cuban and Hungarian experts was to carry out geological mapping, geophysical surveying, and to asses the mineral resources of the polygon. In detail, from the work of a geophysical character the most important aspects were:

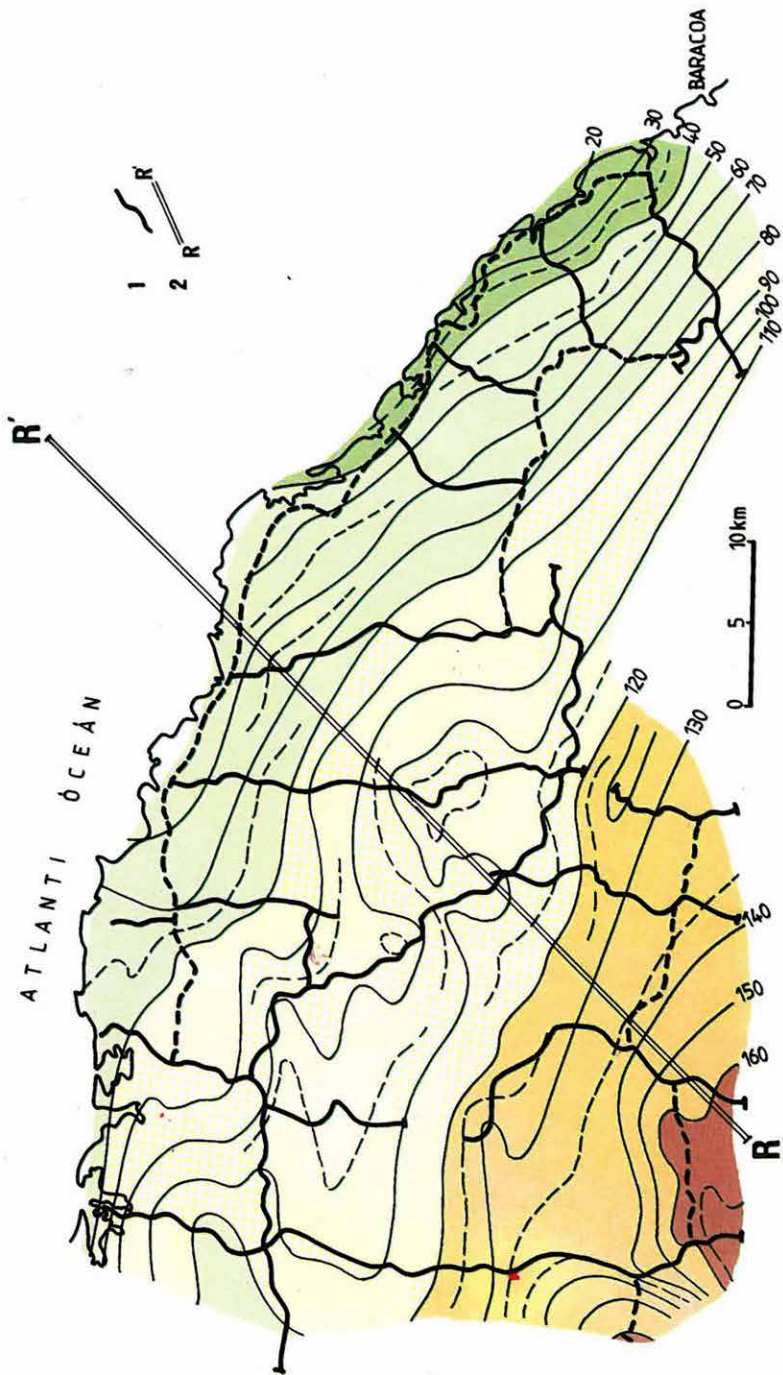
- gravity, magnetic, radioactive and geoelectric measurements were carried out along *regional profiles*. They served as a basis for constructing the complex (geological) cross-sections and for parametric investigation of stratigraphic formations of the polygon;
- gravity maps on a scale of 1:250 000 were constructed from the *gravity survey* carried out mainly along the regional profiles (it will be detailed later);

- főleg a regionális szelvényeken végzett *gravitációs mérésekből* 1:250.000-es gravitációs térképeket szerkesztettünk (ezt a későbbiekben részletezzük);
- a meglévő légi geofizikai térképek, a földi ellenőrző mérések eredményei és a geológiai térképezés adatai alapján komplex *regionális értelmezést* végeztünk (tektonikai kép, légi mágneses kiértékelés, gammaspektrometriai adatok értelmezése);
- a terület fontos ásványi kincse a krómit és a nikkel–kobalt tartalmú laterit. Ismert előfordulásokon és indikációkon végzett *kísérleti–módszertani mérésekkel* olyan térképezési eljárásokat (módszerkombinációkat) kerestünk, amelyekkel ezek a nyersanyagok gazdaságosan kutathatók. Bár a fúrásos ellenőrzést már nem volt módunkban elvégeztetni, úgy gondoljuk, hogy sikerült kikísérleteznünk a *felszínközeli krómittelepek* kutatási metodikáját, elsősorban a nagyfelbontóképességű GP szelvényezést és mágneses méréseket használva. Javaslatot tettünk a *nikkel–lateritkutatás* gazdaságos és gyors metodikájára is.
- A poligon nyersanyagindikációi egy részén áttekintő és részletező méréseket végeztünk. Több *szulfidércesedést* sikerült feltárnunk, elsősorban a GP és a gammaspektrometrikus mérések szabályszerű alkalmazásával, de ezek ipari jelentősége valószínűleg kicsi. Méréseinkkel valószínűsítettük, hogy a kelet–kubai allitok nem tekinthetők (gazdaságosan felhasználható) bauxittelepeknek.

Az Expedíció eredményeiből a kutatási terület *gravitációs térképét* mutatjuk be (86. ábra). A korrekcióhoz felhasznált átlagsűrűség $2,67 \text{ t/m}^3$ volt. Ezt többfajta sűrűségszámítás eredményeképpen kaptuk, és ez az érték megfelel a nagyban-egészében szerpentinesedett ofiolit-összlet (ultrabázitok és gabbrók) várt sűrűségének. A gravitációs képre a jelentős, mintegy 30 E-nyi ÉK-i irányú negatív gradiens jellemző: a poligon DNY-i sarkában a Bouguer-anomália érték meghaladja a +160 mGalt. Ez az erős pozitív anomália (amely valószínűleg a Karib-tenger legnagyobb pozitív anomáliája) feltehetőleg K–Kuba ultrabázit–hegységeinek mindegyikére (Sierra Cristal, Sierra del Purial) jellemző, bár K–Kubában ilyen gravitációs térképezés máshol még nem történt.

A gravitációs képből lezármatatható egyik lehetséges szerkezeti modellt a 87. ábrán mutatjuk be. A modellezés kétdimenziós. Mivel kutatási területünkön (és környezetében) sem szeizmikus, sem magnetotellurikus mérések még nem voltak és a szerkezetföldtani elképzelések is hiányosak, a modell erősen heurisztikus jellegű.

A bemutatott modell abból az alapfeltételezésből indul ki, hogy a kiegyenlítődési szint mélységéig (14 km tsza) a sziget közepén (a szelvény DNY-i végén) nagysűrűségű ($\Delta\sigma=+0,3$) összlet van, és ÉK felé ez a nagysűrűségű összlet fokozatosan kiékelődik. A modellnek egy lehetséges (de a szerkezetföldtani elképzelésnek ellent nem mondó) földtani értelmezését a 87. ábra alsó metszetén mutatjuk be. A "nagysűrűségű" összlet az ofiolit és szigetívösszlet, a közepes sűrűségű ($\sigma=2,67$) összlet pedig valószínűleg nem lehet más, mint a "Bahama-platform" összlete (kontinentális eredetű karbonátos sorozat), amely az északame-



86. ábra. Bouguer-anomália térkép. Guantánamo-É, Kuba
1 — regionális szelvény nyomvonal; 2 — R-R' szelvény

Fig. 86. Bouguer anomaly map. Guantánamo-N, Cuba
1— regional profiles; 2— line R-R' (site of interpretation)

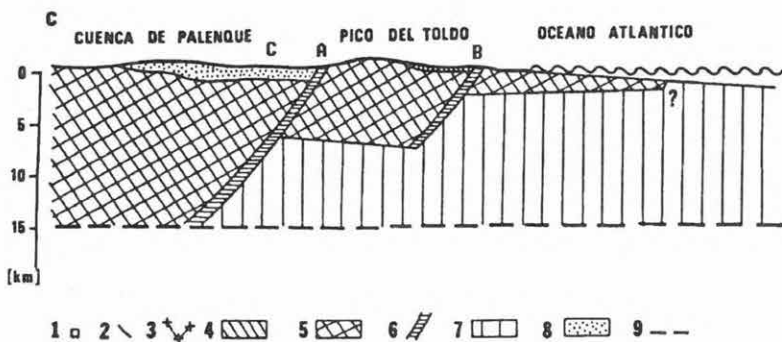
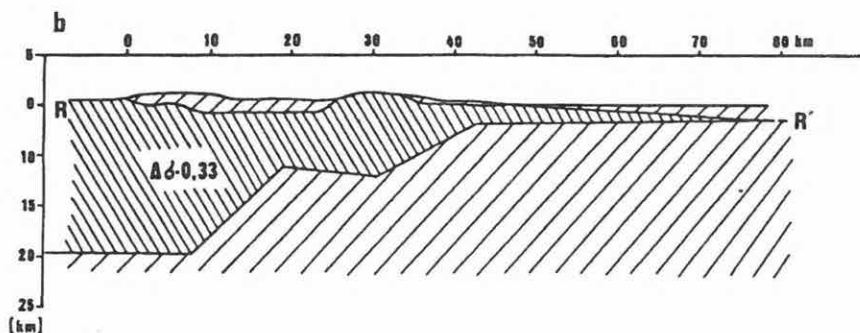
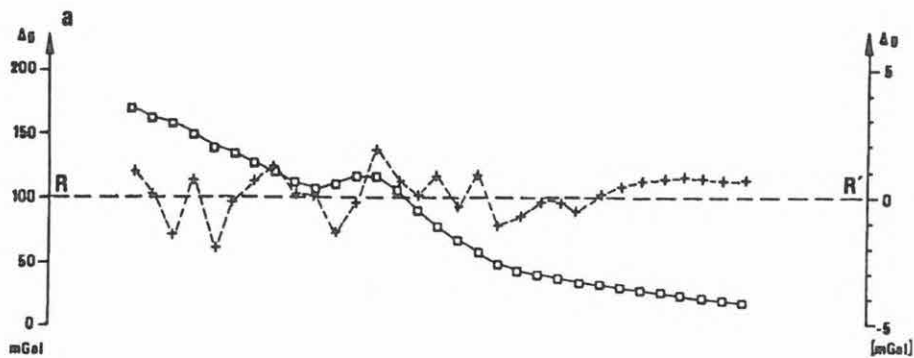
рис. 86. Карта аномалий Бугэ участка Гуантанамо-Север, Куба
1—линия регионального профиля; 2—линия профиля R-R'

- integrated *regional interpretation* was performed on the basis of available airborne geophysical maps, results of the field control measurements and data of geological mapping (tectonic picture, evaluation of aeromagnetic data, interpretation of gammaspectrometric data);
- the important mineral resources of the area are the laterites containing nickel and cobalt, and the chromites. Such mapping procedures (combinations of methods) were searched for by *experimental methodological survey* carried out in known occurrences and indications, with the help of which prospecting for these raw materials can be carried out economically. Although the drilling check could not be performed we think we succeeded in working out the methodology for surveying the *near-surface chromite deposits*, using first of all IP profiling of high resolution power and magnetic survey. A proposal for the economic and rapid *survey procedure of nickel laterites* was made as well.
- In several mineral indications of the polygon reconnaissance and detailed measurements were performed. We succeeded in opening up several areas of *sulphidic mineralization*, first of all with regular application of IP and gamma-spectrometric measurements, but their industrial importance is probably small. Based on the measurements it seems likely that the allites of eastern Cuba cannot be considered as economically exploitable bauxite deposits.

From the result of the expedition, the *gravity map* of the area investigated is shown (Fig. 86). The average density used for the correction was 2.67 t/m^3 , obtained from several density calculations. This value fits to the expected density of the more or less serpentinized ophiolite complex (ultrabasic rocks and gabbros). The gravity picture can be characterized by a large negative gradient of about 30 Eötvös in the NE direction: the Bouguer anomaly exceeds +160 mGal in the SW corner of the polygon. This large positive anomaly (probably the biggest one in the Caribbean area) is presumably characteristic of all ultrabasic mountains of eastern Cuba (Sierra Cristal, Sierra del Purial) although similar gravity mapping had not at that time been performed elsewhere in Eastern Cuba.

Fig. 87 shows one of the possible structural models deduced from the gravity picture. The model calculation is a 2D one. For there were neither seismic nor magnetotelluric measurements in the research area (and in its environment) and the structural geological conceptions are incomplete as well, the model is strongly heuristic.

The model is based on the following supposition: down till the equalization level (14 km below sea level) there is a high density ($\Delta\sigma = +0.3$) sequence in the middle of the island (at the SW end of the profile) and this high density formation gradually pinches out towards NE. A possible geological interpretation of the model (that does not contradict the structural geological conception) can be seen in Fig. 87. The 'high density' sequence is the ophiolitic one while the medium density ($\sigma = 2.67$) complex is, in all probability, the 'Bahama platform' (a carbonate sequence of continental origin), i.e. the North American continental plate. If this model fits the reality, the gravity data support the following structural geological



rikai kontinentális lemez. Ha ez a modell megfelel a valóságnak, akkor a gravitációs adatok igazolják azt a szerkezetföldtani elképzélést, mely szerint az ofiolit és szigetívösszlet mint takaró tolódott rá (lemezakollíziós folyamatok eredményeként) az északamerikai lemezre. A feltételezett két "lépcső", azaz szerkezeti vonal (A, B) jó egyezésben van a felszíni földtani térképezésből értelmezett két vetőzónával (Gyarmati P., Peregı Zs. és Brezsnyánszky K. személyes közlése). A

87. ábra. Gravitációs hatószámítás és értelmezés. Guantánamo-É, Kuba

a. Az észlelt és számított gravitációs anomália az R-R' szelvényen;

b. hatószámítás (készült az Interpex MAGIX programjával);

c. a hatószámítás földtani értelmezése



1—észlelt érték; 2—számított érték (baloldali skála); 3—hiba (magnövelt, jobboldali skála); 4—a környezetéhez képest nagyobb sűrűségű öszlet ($\Delta\sigma=+0,3 \text{ t/m}^3$); 5—ofiolit és szigetív közettömegek; 6—szerkezeti vonalak (törési zónák); 7—a Bahama Platform kontinentális közettömegei (feltételezés); 8—törmelékes öszlettel kitöltött tektonikai árok; 9—feltételezett kiegyenlítődési szint

Fig. 87. Gravity model calculation and interpretation. Guantánamo-N, Cuba

a. gravity anomaly observed and calculated along R-R' line;

b. forward modeling (using MAGIX software of Interpex);

c. geological interpretation of the modeling



1—observed values; 2—calculated values (left-hand scale); 3—difference (enlarged, see right-hand scale); 4—'high density' sequence ($\Delta\sigma=+0,3 \text{ t/m}^3$); 5—ophiolitic and arc sequences; 6—structural line (fault zones); 7—continental sequence of the 'Bahama platform' (presumed); 8—tectonic graben with clastic (younger) overburden; 9—level of equalization (presumed)

рис. 87. Интерпретация гравитационных аномалий, участок Гуантанамо-Север, Куба

a. наблюденное и вычисленное поле по профилю R-R';

b. количественная интерпретация (выполнена с помощью программы Interpex MAGIX);

c. геологическое истолкование гравитационных объектов



1—наблюденные значения; 2—вычисленные значения (левая шкала); 3—расхождение (увеличенная правая шкала); 4—толща с прибавочной плотностью ($\Delta\sigma=+0,3 \text{ t/m}^3$); 5—офиолиты и породы островной дуги; 6—структурные линии (разломы); 7—предполагаемые континентальные образования Багамской Платформы; 8—тектонические прогибы, заполненные осадочной толщей; 9—предполагаемый уровень выравнивания

conception: the ophiolitic complex thrusts on the North American plate as a cover (as a result of plate collision processes). The supposed 'steps', i.e. structural lines (A and B), fit well to two fault zones interpreted from the geological mapping (personal communication from P. Gyarmati, Zs. Peregı and K. Brezsnýánszky). The relatively near-surface mass deficit (C) can be explained by a Paleogene tectonic graben filled up with clastic sediments (Cuenca de Palenque).

The geological-geophysical activity in Cuba organized within the framework of the CMEA was completed. The result of the expeditions and generally of the decennial joint work of Hungarian and Cuban experts can be summarized as follows (besides the concrete mapping works):

- the scientific and technical level of mineral prospecting in Cuba has been increased by introducing several methods, such as high accuracy IP

viszonylag felszínközeli tömeghiány (C) egy paleogén, törmelékes összlettel kitöltött tektonikus árokkal (Cuenca de Palenque) kellőképpen magyarázható.

Kubában a KGST keretében szervezett földtani-geofizikai tevékenység befejeződött. Az expedíciók és általában a magyar és kubai geofizikus szakértők évtizedes munkájának eredményét (a konkrét térképezési munkákon kívül) a következőkben foglalhatjuk össze:

- a kubai szilárdásvány-kutatás tudományos-technikai színvonalát *több eljárás bevezetésével* emeltük. Ilyenek pl: nagy pontosságú GP mérések, dinamikus polarizációs vizsgálatok, VLF ellenállástérképezés, sekély-szeizmikus mérések;
- sikeres *kísérleti bemutató méréseket* végeztünk (részben a kubai-magyar műszaki-tudományos együttműködési szerződés keretében) tranziens (TEM), frekvenciaszondázó (MFS) és Slingram rendszerű EM szelvényező módszerrel; ezek eredményeiről az Évi Jelentésben már beszámoltunk;
- bevezettük a terepi adatfeldolgozás egy *számítógépes rendszerét*, amely a számítógép-orientált eljárások széleskörű alkalmazását tette lehetővé (pl. a terepi gravitációs feldolgozást);
- a szilárdásvány-kutatás területén (felhasználva a hazai tapasztalatokat és támaszkodva a kubai geofizikusok értékes és lelkes munkájára) többféle nyersanyag kutatására *hatékony módszeregyüttest* dolgoztunk ki;
- Az ELGI több karotázsállomást szállított szilárdásvány-kutatás céljaira Kubába. Ezek segítségével több *új mélyfúrásgeofizikai eljárást* honosítottunk meg.

- measurements, dynamic polarizability investigation, VLF resistivity mapping, shallow depth seismic measurements;
- successful *experimental demonstration measurements* were carried out (partly within the framework of the technical and scientific cooperation agreement between Cuba and Hungary) with the transient (TEM), frequency sounding (MFS) and Slingram system electromagnetic profiling methods; their results have already been reported in Annual Reports of ELGI;
 - a *computerized system* of data processing in the field has been introduced which allowed the wide-spread application of computer oriented procedures (e.g. gravity data processing in the field);
 - in mineral prospecting, *effective combinations of methods* have been elaborated in order to search for several raw materials (using domestic experience and being supported by the valuable and enthusiastic work of the Cuban geophysicists);
 - several *new well-logging procedures* have been introduced as ELGI has delivered several well-logging stations to Cuba for mineral prospecting purposes.

4. 3 BESZÁMOLÓ AZ OSZTRÁK-MAGYAR GEOFIZIKAI EGYÜTTMŰKÖDÉSRŐL

Szabadváry László

A bécsi Geologische Bundesanstalt és a Központi Földtani Hivatal tudományos együttműködése kezdettől — 1968-tól — abból indult ki, hogy a geológia nem ismer országhatárokat. A nagyobb földtani-tektonikai egységek kutatását úgy lehet és kell végezni, mintha a határok nem léteznének. Az együttműködés a két kis állam adott tudományágban való kölcsönös támogatásának példájaként említhető.

A földtani együttműködésen belül a geofizikai kutatás kezdetben egyetlen témával sem szerepelt. A gyors fejlődést jellemzi, hogy a 70-es években évi 10, 1990-ben 25 geofizikai téma szerepelt. Az osztrák-magyar kutatócsoportokhoz újabb országok is csatlakoztak (pl. földi árapály vizsgálatok, osztrák-magyar-német együttműködés). A harmadidőszaki medencealjzat mélységtérképének megszerkesztése a Kárpát-medence ausztriai, csehszlovákiai és magyarországi részére, a Mohorovičić-diszkontinuitás mélységének (azaz a kéregvastagságnak) a térképe is ugyanerre a területre terjed ki, a kétoldalú együttműködésen túlnyúló munkákról van szó; így a Cseh és Szlovák Köztársaság kutatói is készségesen bekapcsolódtak az osztrák-magyar mélyszerkezetkutatásba.

Az együttműködés eddigi eredményeiről a Geofizikai Közlemények különszáma (Vol. 36, No. 1–2.) számol be. A különszámban jelent meg a harmadidőszaki medencealjzat mélységtérképe és a kéregvastagság-térkép. A Keleti-Alpok osztrák-magyar határvidékén végzett paleomágneses vizsgálatokról szól a következő beszámoló. A Leobeni Bányászati Egyetem Geofizikai Tanszéke és az ELGI közös terepi csoportja elvégezte a határmenti területek földmágneses térképének illesztését. A gerjesztett potenciál mérések hidrogeológiai felhasználásával kettő, az elektromágneses frekvenciaszondázások nyersanyagkutatási alkalmazásával egy cikk foglalkozik.

Gazdaságilag is hasznosnak bizonyultak azok a témák, amelyek egy kezdeti kölcsönös szakmai ismerkedés után elméleti információk, majd gyakorlati eredmények cseréjére, közös fejlesztésre törekedtek, végül kereskedelmi tevékenységé alakultak át. Példaképpen a légi mérésekben való együttműködést említhetjük, amelyben több intézmény adta össze a szellemi, technikai és anyagi lehetőségeit

4. 3 AUSTRIAN-HUNGARIAN COOPERATION IN GEOPHYSICS

László Szabadváry

Since 1968, the starting year, scientific cooperation between Geologische Bundesanstalt (Wien, Austria) and the Central Office of Geology (Budapest) has been based on the basic concept that geology is not concerned with state boundaries. Large geologic-tectonic units can be and should be searched as if there were no borders. The above cooperation can be characterized as an example for mutual support of two small states in a given branch of science.

In 1969 geophysical research was not yet included in the geological cooperation. In the seventies, about 10 geophysical themes were of interest every year whereas in 1990, there were 25; this thereby demonstrates a rapid development. Several themes necessitated the establishment of Austrian-Hungarian working groups which, by 1991, had joined to third countries with a rational division of the work, e.g. earth tide investigation, Austrian-Hungarian-German cooperation.

Several tasks that required multilateral cooperation are: construction of the Pre-Tertiary basement contour map for the Austrian, Czechoslovak and Hungarian parts of the Carpathian basin; construction of a depth map of the Mohorovičić iscontinuity (i.e. crustal thickness); in these cases the Czechoslovak researchers are natural partners of the Austrian-Hungarian cooperation in the survey of deep structures. A special issue of *Geophysical Transactions* (Vol. 36, No. 1-2.) published in August 1991 contains several successful results of the cooperation. The contour map of the Tertiary basement and the map of the crustal thickness were published in the special issue. The following paper tells about palaeomagnetic investigations carried out at the edges of the Eastern Alps along the border of Austria. The united field party of the Geophysical Department of Montanuniversität Leoben and of ELGI have combined the geomagnetic maps of the border area. Two papers deal with the hydrogeological application of IP survey and a further one deals with the use of electromagnetic frequency soundings in mineral prospecting.

Several cooperation themes proved to be useful from the economic point of view. Initially there were mutual visits of experts covering theoretical information; later practical results were exchanged; common developments began from personal working contacts and finally, these were transformed into commercial

(Geologische Bundesanstalt, Unversität Wien, Központi Földtani Hivatal, Magyar Alumíniumipari Tröszt, Bauxitkutató Vállalat). Mérésekre 1987-ben, 1989-ben és 1990-ben került sor. Az eljárás 60 m mélységig alkalmas bauxittároló szerkezetek jelzésére. A mágneses a gamma-spektrometriai mérések és a három frekvencián végzett elektromágneses mérések eredményei a környezetvédelemnél is használhatóak.

Az 1990. évi együttműködés néhány érdekesebb témája:

- Nagyfrekvenciás sekélyszeizmikus mérések módszertanának fejlesztése;
- Abszolút mérések a nehézségi erő meghatározására;
- Pusztító földrengések előfordulási területeinek meghatározása történeti adatok alapján;
- Földradar mérések;
- Nagy ipari műtárgyak komplex geofizikai megfigyelési rendszere;
- Speciális karotázsvizsgálatok 1500 m mélységig (számítógépes feldolgozás és értelmezés);
- A tihanyi és a traflbergi obszervatóriumoknak az INTERMAGNET nemzetközi projektbe való bekapcsolása.

1988 óta folynak az osztrák–magyar határ mentén a közös mérések, amelyeknek célja a határon keresztül mért geofizikai szelvényekkel a két ország geofizikai hálózatának összekapcsolása. Amint említettük, a mágneses hálózat összekapcsolása 1990-re befejeződött, jelenleg a gravitációs hálózat összekapcsolása, valamint szeizmikus reflexiós szelvények közös mérése és földtani elemzése folyik.

activity. As an example the cooperation in airborne geophysical measurements can be mentioned where several institutions combined their mental, technical and material capacities (Geologische Bundesanstalt, Universität Wien, Central Office of Geology, Hungarian Aluminium Trust, Bauxite Exploration Company).

Field measurements were carried out in 1987, 1989 and 1990 in an area of 50-140 sq.km. The procedure that was applied allows one to detect bauxite bearing structures down to a depth of 60 m. The magnetic and gamma-spectrometric measurements together with the three-frequency electromagnetic method can be useful in environmental protection as well.

Several interesting themes are mentioned from the cooperation programme for 1990-91:

- Development of high frequency shallow seismic method;
- Absolute measurements for determining the force of gravity;
- Determination of areas of origin of destructive earthquakes on the basis of historical data;
- Georadar measurements;
- Integrated geophysical monitoring system at large industrial objects;
- Special well logging down to the a depth of 1500 m (computerized data processing and common interpretation);
- Joining of the Tihany and Conrad (Traflberg) observatories into the international INTERMAGNET project.

Common measurements were started in 1988 along the Austrian-Hungarian border in order to join the geophysical network of the two countries by geophysical profiles crossing the border. As has been mentioned, the magnetic networks were connected by 1990. Now the gravity networks are being connected; common measurement and geological interpretation of seismic reflection profiles are in progress.

Gombár László

1990 nyarán az ELGI egy igen érdekes kísérleti mérésben működött közre. A mérést az ÖMV (Wien) megbízásából a Leobeni Egyetem, mint fővállalkozó szervezte, a kísérletben az ELGI-n kívül még a Terra Linda of Canada vett részt. Felső-Ausztriában a Mészkő-Alpok északi peremén történtek a mérések, hegyi utak mentén (88. ábra). A vibrátorokkal, illetve robbantással keltett rezgéseket két egymással párhuzamosan elhelyezett érzékelővonalon regisztráltuk, két különböző szeizmikus adatgyűjtővel. Az MDS-16-os telemetrikus műszer hagyományos geofoncsoportokkal, a DFS-V adatgyűjtő pedig a Terra Linda of Canada-tól bérelt speciális érzékelőkkel, úgynevezett *omnifonokkal* végezte a regisztrálást. Az omnifonokkal idáig mindössze 4-5 mérés történt a világon.

Az *omnifon* olyan háromkomponenses érzékelő, mely 14 K-s memóriát és mikroprocesszor vezérelte számítógésséget is tartalmaz. A piramidális, úgynevezett Galperin elrendezésben elhelyezett három 4,5 Hz-es geofon jelei mintavételezés után egy un. polarizációs szűrési műveleten mennek át, ahol megtörténik a vertikális, transzverzális és radiális komponensek real-time szétválasztása. A polarizációs szűrő elvégzi a felszín mentén terjedő, valamint a szelvény síkján kívülről beérkező hullámok csillapítását is azok eltérő polarizációja alapján. A testhullámok ugyanis lineárisan polarizáltak, míg a felszíni hullámok közel körkörös polarizáltságúak.

A szűrés után a vertikális komponens az omnifon kimenetére kerül, a másik két komponens pedig a memóriába. A kimeneten a szűrt adatok 20 dB-es erősítése és D/A átalakítása történik meg. Az analóg jelek innen a hagyományos stacking-kábelon jutnak az adatgyűjtő műszerbe. A vertikális komponens a transzverzális, majd a radiális komponens követi. Az egyes komponensek "0" idejét egy-egy impulzus jelzi minden csatornán, s gyakorlatilag egy felvételen, egymás után jelenik meg a három komponens a mágnesszalagos regisztrátumon.

Az *omnifonnal* történő mérés előnye, hogy a pontszerű vevővel nagyobb felbontás érhető el, mivel nem torzítja a nagyfrekvenciás komponenseket változó-kony terepen sem. A polarizációs szűrés elvén lehetőség van a zavarhullámok szűrésére. Egyidőben három komponens regisztrálható a műszer egyetlen csatornáján, s egyetlen méréssel előállítható a *P*- és *S*-hullám szelvény.

László Gombár

In the summer of 1990, ELGI participated in a very interesting experimental seismic survey. It was organized — on behalf of ÖMV (Wien) — by Leoben University as the main contractor. Besides ELGI, Terra Linda of Canada took part in the experiment. The measurements were carried out in Upper Austria on the northern edge of the Limestone Alps along mountain paths (*Fig. 88.*). Waves generated by vibrators and explosives were recorded along two parallel lines by two different seismic data acquisition systems. The telemetric equipment type MDS-16 recorded the signal with conventional geophone groups while the DFS-V equipment recorded with special sensors, the so called *omniphones*, rented from Terra Linda of Canada. Up till now, only 4-5 measurements in the world have been carried out with omniphones.

The *omniphone* is a three-component sensor containing 14 K memory and a microprocessor-controlled computing unit. After sampling the signals of three 4.5 Hz geophones, placed in pyramidal, so called Galperin arrangement, go through a so called polarization filtering procedure where the vertical, transverse and radial components will be separated in real time. Both the waves travelling along the surface and those arriving from outside the plane of the profile will be attenuated in the polarization filter, on the basis of their different polarization as the body waves are linearly polarized while the surface waves have near circular polarization.

After filtering, the vertical component will get to the output of the omniphone, while the other two components will pass into the memory. The filtered data will be amplified by 20 dB and will be converted from digital to analog at the output. Analog signals will reach the data acquisition equipment through a conventional stacking cable. The vertical component will be followed by the transverse one and later by the radial one. '0' time of the individual component is indicated by a pulse at each channel, so the three components appear in one recording, successively on the magnetic tape.

One of the advantages of measurement by the omniphone is that a higher resolution can be achieved by the point-like sensor because it does not distort the high frequency components even in variable topography. There is a possibility to

A robbantásos rezgéskeltésű mérésnél 2 ms volt a mintavétel, 3×7 s a teljes felvételhossz, a vibrátoros mérésnél pedig 4 ms és 3×14 s. A 14 s-ból 7 s volt a vezérjel-idő (sweep-idő) és 7 s a csend-idő (listening time). Természetesen a regisztrált csatornák előbb ismertetett felépítése miatt a terepi keresztkorreláció nem volt megvalósítható, így korrelálatlan és összegzetlen vibrogramokat regisztráltunk a mágnesszalagon. A vertikális összegzés és a keresztkorreláció a feldolgozó centrumban történt. Érdekesség, hogy az egy vibrátorponton regisztrált részösszegek éppen megtöltöttek egy 1200 láb hosszú mágnesszalagot, így naponta a munka végétével egy kisteherautónyi mágnesszalagot kellett terepről beszállítani. A fakitermelés és szállítás miatt a vibrátoros mérést éjszaka kellett végezni (88. ábra), a terítés felszedése és az érzékelők telepítése napközben folyt. A mérési anyag feldolgozása az ÖMV számítóközpontjában történik.



88. *ábra.* Éjszakai mérések Felső-Ausztriában

Fig. 88. Night survey in the Austrian Alps

рис. 88. Ночные измерения в Верхней Австрии

filter the noise waves based on the principle of the polarization filter. At the same time three components can be recorded in a single channel of the equipment, and the *P*- and *S*- wave section can be produced by a single measurement.

The sampling time was 2 ms, the total length of recording was 3×7 s in the case of using explosives; the corresponding values for vibrator measurements were 4 ms and 3×14 s, respectively. Of the 14 s, 7 s was the sweep length and 7 s was the listening time. Of course, there was no possibility for cross-correlation in the field because of the above mentioned build-up of the recorded channels, so vibrogrammes without correlation and stacking were recorded on the magnetic tape. The vertical stacking and the cross correlation were performed in the processing centre. It was interesting that partial stacks recorded at one vibrator point have filled a whole magnetic tape of 1200 feet, so a small truck of magnetic tapes had to be transported from the field to the centre every day. The vibrator measurements had to be performed at night because of the woodcutting and transportation (*Fig. 88*); the cables were laid down and the sensors were located in the daylight. The measured material has been processed in the computer centre of ÖMV.

Verő László

Az utóbbi években a geofizika minden ágában megnőtt a számítógépes programok szerepe. A nagy kapacitású, IBM kompatibilis személyi számítógépek és a hozzájuk kapcsolt perifériák világszerte elterjedtek, így lehetővé vált ugyanazon geofizikai feldolgozó, értelmező és megjelenítő programok használata számos országban és intézménynél, esetleg még különösebb szakmai tapasztalat nélkül is. Valójában a számítógépes feldolgozás és értelmezés inkább csak segéd-eszköz, nem nélkülözhető a szakértelem, de a magas színvonalú grafikus megjelenítés mindenképpen fontos. Ezt a fejlődési irányt felismerve az ELGI 1990-ben ügynöki szerződést kötött az INTERPEX-szel (elnöke Charles H. Stoyer, székhelye Golden, Colorado, USA) az amerikai cég geoelektromos, elektromágneses, mágneses és gravitációs, szeizmikus, hidrogeológiai és általános grafikai programjainak forgalmazására. A szerződés szerint elsősorban Közép- és Kelet-Európában fejt ki az ELGI marketing tevékenységet. Az első üzletkötésre még 1990-ben sor került, és az ELGI maga is használja az INTERPEX programokat.

4. 5 INTERPEX AGENT CONTRACT

László Verő

In recent years, the role of computer programs has increased in every section of geophysics. The large capacity IBM compatible personal computers and joined peripherals have spread all over the world, which allows the same geophysical processing, interpretation and visualization programmes to be used in many countries and institutions maybe without special professional experience. Actually, the computerized data processing and interpretation act rather as a help only. It is special knowledge that is indispensable, but the high level graphic visualization is important as well. Recognizing this trend ELGI entered into an agency agreement with INTERPEX (Golden, Colorado, USA; president: Charles M. Stoyer) in 1990 in order to distribute its geoelectric, electromagnetic, magnetic and gravity, seismic, hydrogeologic and general graphic programmes. On the basis of the contract ELGI carries out marketing activity first of all in Central and Eastern Europe. The first transaction was realized in 1990, and ELGI itself utilizes INTERPEX programmes as well.

Könyvtári szolgálat

A könyvtár jelenlegi állománya 30 252 kötet könyv és folyóirat, valamint 5378 egyéb könyvtári egység. Állományunkat 1990-ben 334 kötet könyvvel, 244 kötet folyóirattal, 8 egyéb dokumentációs kiadvánnyal és 800 műszerprospektussal gyarapítottuk. Folyóíratárunk 2-féle új folyóirattal bővült. Nemzetközi kiadványcsere révén 165 db kiadványt kaptunk és 59 országba közel 550 címre 1324 db kiadványt küldtünk. Könyvtárközi kölcsönzés: 1990-ben 116 alkalommal kölcsönöztünk külső intézményeknek. A könyvtári szolgáltatásokat az elmúlt évben 4294 olvasó vette igénybe.

1990-ben megkezdtük a Könyvtár állományának számítógépes feldolgozását a MICROISIS program segítségével. Feldolgozzuk a könyvállományt (pillanatnyilag csak az új beszerzéseket), a teljes folyóirat állományt, a referált folyóirat-cikkeket és a cserepartnereink címjegyzékét. A számítógépes nyilvántartástól a könyvtári szolgáltatások minőségi javulását várjuk.

Kiadványok

1990-ben az ELGI a következő kiadványokat jelentette meg:

- Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1988-89. évi jelentése;
- Geofizikai Közlemények 35. kötet 3., 4. számok.

Library

The present stock of our Library amounts to 30,252 volumes of books and periodicals and 5,378 miscellaneous items. In 1990 the stock was increased by 334 books, 244 volumes of periodicals, 8 documentary publications and 800 brochures on instruments. Our range of periodicals has been enlarged by 2 new ones. As a result of international exchange we received 165 publications and, in turn, dispatched 1,324 to 550 addresses in 59 countries. In 1990 the services of our Library was utilized by 4,294 readers/borrowers.

In 1990 computer data processing of the Library's stock was begun using MICROISIS software. Books (at the moment new items only), the whole range of periodicals, abstracted periodical articles and address list of our exchange partners are being processed. We expect the improvement of our library services due to applying computer handled records.

Publications

In 1990 the following publications were issued:

- Annual Report of Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1988-89;
- Geophysical Transactions, vol. 35 Nos. 3 and 4.

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ
ВЕНГЕРСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА
ИМ. ЛОРАНДА ЭТВЕША ЗА 1990 Г.

1. ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

1.1 РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

1.1.1 Сейморазведка МОВ по Паннонскому Геотраверсу

Карой Пошгаи, Эндре Хегедюш, Золтан Тимар

Введение

Сбор и интерпретация данных сейморазведки и других геологических дисциплин по глубинному строению земной коры и верхней мантии во всем мире осуществляется по единым принципам, вдоль геотраверсов. По геотраверсам изучаются тектонические особенности континентов. Цель исследований по Паннонскому Геотраверсу заключалась в познании глубинной структуры впадины, находящейся в пределах Альпийско-Карпатского орогена. В настоящей статье приводятся результаты изучения литосферы методами сейморазведки по указанному геотраверсу.

Паннонский Геотраверс (PGT) на севере стыкется с чехословацким профилем 2Т по изучению земной коры (*рис. 2*), с которым – в северной части Западных Карпат – пересекаются зона Магурского флиша, зона Пьенинских утесов, Внутренние Западные Карпаты (Вепориды и Гемериды), а также область развития молодых отложений вблизи от венгерской границы [ТОМЕК et al. 1987].

Северный отрезок Паннонского Геотраверса представлен опорным геологическим профилем ЁК-2, начинающимся у чехословацкой границы, проходящему между горами Матра и Бюкк и заканчивающимся южнее с. Кёмлё. Профиль для изучения земной коры и верхней мантии начинается перекрытием отрезка профиля ЁК-2 южнее с. Кёмлё и заканчивается близ румынской границы. Измерения по профилю финансировались Центральным Геологическим Управлением и Фондом Научных Исследований Венгерской Академии

Наук. В настоящем отчете излагаются результаты по отрезку профиля между с. Кёмлё и Бекешской впадиной (примерно с. Добоз).

Румынскими исследователями проявлен интерес к измерениям на продолжении профиля и изучаются возможности проведения измерений вдоль линии вкрест Южным Карпатам. На симпозиуме по изучению литосферы в сентябре 1990 в Байройте фирмой BIRPS (Объединение Британских Организаций по сейморазведке MOB) было сделано заявление о том, что ею проектируется профиль вкрест Эгейскому и Средиземному морям [НОВBS et al. 1990].

В полном соответствии с этим сообщением было наше предложение [POSGAY et al. 1990b] о том, чтобы объединением международных усилий был создан профиль, примыкающий к Паннонскому Геотраверсу с юга и проходящему через Румынию, Богларию, Грецию и Эгейское море, вплоть до Средиземного моря, южнее о-ва Крит (рис. 2). Этот геотраверс — с учетом уже существующего профиля 2Т-пересекал бы весь "альпийский пояс" таким образом, что вскрывал бы структуру нескольких "промежуточных бассейнов".

Вопросы методики

Одно из основных предположений глобальной тектоники заключается в том, что "жесткие" литосферные плиты перемещаются по "пластичной" астеносфере и могут погружаться в астеносферу. Познание современной структуры литосферных плит может способствовать пониманию их образования и лучшему познанию закономерностей распределения полезных ископаемых.

Из-за вертикальной неоднородности литосферных плит становится необходимым стремиться к их познанию на полную мощность. Сейсморазведка MOB приобрела существенную роль в познании структуры земной коры. Однако, редко удавалось получить информацию по подкоровой литосфере [DONR 1970, POSGAY 1975, POSGAY et al. 1980, 1981a, 1981b, 1986], BREWER et al. 1983, LIE et al. 1990].

При измерениях MOB по Паннонскому Геотраверсу параметры полевых работ и вычислений на компьютере выбирались с таким расчетом, чтобы по возможности была получена информация по всему временно му интервалу, соответствующему литосфере и астеносфере [POSGAY et al. 1990a].

Существенным элементом этих стремлений было возбуждение, наблюдение и сохранение диапазона обычно применяемых низких частот (2-10 гц); вместо применения высокочастотных фильтров;

отношение амплитуд отраженных сигналов и приповерхностных волн было улучшено взрывами в скважинах глубиной 50–70 м и фильтрованием скоростей. При этом в диапазоне 0–5 гц была ослаблена полоса кажущихся скоростей 250–1000 м/с, а в диапазоне 0–10 гц. — полоса 2500–3000 м/с. Была выполнена обработка с сохранением амплитуд с помощью введения геометрических поправок. В определении скоростей применялись поинтервальные скорости, рассчитанные по профилю близ с. Бихаркерестеш, с учетом мощностей осадочных толщ и расположения характерных отражений вдоль профиля [POSGAY et al. 1979, 1980, 1981a, 1981b, 1986].

Отрезок Паннонского Геотраверса между сс. Кёмлё и Добоз приводится в *приложение*. Наибольшие амплитуды обозначены лиловатыми цветами, а для различения прочих амплитуд применяется серия цветов (красный, розовый, желтый, зеленый, синий). Наименьшие амплитуды обозначены голубым цветом.

Главная зона сдвиговых смещений под сольнокским флишем

На нескольких отрезках Паннонского Геотраверса наблюдается значительное ослабление отражений. Наиболее четко выявляется зона шириной порядка 7 км с крутым падением на северо-запад под кажущимся углом около 80°. Верхняя часть зоны, непосредственно под молодыми (в основном неогеновыми) отложениями с четкими отражениями, находится на отрезке профиля между 74 и 81 км. На данном отрезке можно предполагать наличие ветвящихся разломов, между которыми горизонты изогнуты выпуклостью кверху, указывая на залегание в зоне сжатия. Авторами предполагается, что зоной низких энергий отмечается тектоническая зона, в которой потери энергии сейсмических волн — из-за сильной нарушенности — намного превышают таковые в соседних областях. Зоной нарушений отделяются участки литосферы с различными сейсмическими особенностями. "Структура цветка", свидетельствующая о сдвиге, на нефтегазовых сейсмических профилях вырисовывается и в неогеновых отложениях [RUMPLER et al. 1988, POSGAY et al. 1989, D. LÓRINCZ et al. 1990, SZEIDOVITZNE 1991].

Зона слабых отражений проникает в подкоровую литосферу примерно на 1,8–2 с (7–8 км). Зона сдвиговых нарушений, вероятно, здесь ограничена снизу.

В пограничной области кора–мантия наблюдаются несколько структур с одним и тем же механизмом образования. С целью их интерпретации рассмотрим структуру близ 84 км профиля.

Здесь горизонт, поднимающийся до глубины 8,4 с, авторами интерпретируется в качестве прежней границы кора–мантия. Ее морфологией характеризуются области былых компрессий зоны перехода между корой и мантией. По ее глыбово–складчатой структуре можно сделать вывод о жесткости и твердости. Ниже, в глубине 8.8 с на севере (влево) можно видеть более древнюю границу кора–мантия, на которую она надвинута.

Примерно горизонтальная пачка отражений, начинающаяся здесь и продолжающаяся к югу, авторами принимается за новообразованную или образующуюся в настоящее время границу. Ниже наблюдается изогнутая пачка, видимо более пластичная. Южная ее часть — вдоль плоскости, наклоненной к югу от 8,8 с, — надвигается на северную толщу сходного облика со смещением порядка нескольких фаз. Южная часть изогнутой толщи поднимается в сторону плоскости надвигания, наклоненной к югу от 8,8 с 99 км. По этой картине можно предполагать, что пограничная область кора–мантия сначала была только смята, затем, после того, как напряжениями был пройден предел устойчивости толщи, произошли скалывание и надвигание.

Плоскости надвигания, подобные тем, что пересекают границу кора–мантия в 84 и 99 км, наблюдаются также и в 48 и 69 км. Надвиги произошли вдоль плоскости, поднимающейся от 68 к 75 км Паннонского Геотраверса. В области перехода кора–мантия здесь наблюдается зона сдвигов, проявляющая наиболее интенсивные нарушения. Следы плоскостей надвигания в плоскости разреза выполаживаются с глубиной и становятся горизонтальными примерно в диапазоне времени, начинающемся на 2 с ниже современной границы кора–мантия. В главной сдвиговой зоне до этих глубин отмечается уменьшение амплитуд поступающих волн.

Авторами предполагается, что вдоль Паннонского Геотраверса, как по замыканию сдвиговой зоны вниз, так и по субгоризонтальным отрезкам надвиговых плоскостей, можно было сделать вывод о наличии области повышенной пластичности в пределах подкоровой литосферы ниже уровня 11–12 с, пониженная твердость которой могла способствовать смещениям, связанным с зоной сдвигов.

На временном разрезе Паннонского Геотраверса, полученном при обработке с сохранением амплитуд, наблюдается зона сдвигов шириной около 7 км, проникающая на 5-10 км в верхнюю мантию (прил). В обе стороны от зоны нарушений наблюдаются надвиги в сторону зоны нарушений, плоскости которых падают полого и становятся субгоризонтальными в 5-10 км под границей кора-мантия. По нижнему замыканию главной сдвиговой зоны и по горизонтальному залеганию нижних отрезков плоскостей надвигов, делается вывод о наличии области, сложенной пластичными породами на 5-10 км ниже границы кора-мантия.

Литература см. после венгерского текста на стр. 18-20

1.1.2 Измерения МОВ в бассейне Озд-Путнок

Илона Петрович, *Иштван Салаи*

В рамках программы комплексного геологического изучения г. Бюкк и предгорных частей, новые геофизические измерения были сосредоточены на исследование бассейнов, составляющих три четверть площади участка.

Весь участок перекрыт лишь гравитационными измерениями при густоте 4-5 точек кв/км.

Скважины, вскрывающие породы фундамента, имеются лишь на территории неглубоких и по краям более глубоких бассейнов, когда, по предварительным геофизическим данным, глубина последних может достигать несколько тысяч метров и может быть заполнена породами, неизвестными ни на поверхности, ни по скважинам. Естественно, что неизвестные и их физические свойства и условия залегания.

Для изучения глубины, условий залегания и структурных особенностей этих образований, проводились сейсмические измерения методом отраженных волн по нескольким профилям через г. Бюкк в направлении, определенном сотрудниками Венгерского Государственного Института Геологии (Надь Г. и Пеликан П.).

Сейсмические исследования в бассейнах Озд и Бюккаля проводились при вибрационном возбуждении по зигзаговой линии. Интерпретацию горных участков профилей можно выполнить лишь

после завершения текущей геологической съемки и переоценки старых материалов. На участках бассейнов в отсутствии буровых данных геофизическая, в том числе сейсмическая, информация представляет новые перспективы геологического изучения.

В настоящем отчете даются результаты измерений МОВ в бассейне Озд-Путнок.

Региональные профили чередуются с расстоянием 10–12 км (см. Годовой отчет ЭЛГИ за 1987 г., стр. 234–235) и пересекают углубляющийся на юго-запад бассейн палеоген-неогенового возраста от границы ЧСФР и за линией Дарно (рис. 3).

С целью достижения глубинности изучения в несколько километров, главные параметры всех измерений, проведенных с 1988 г., совпадают: 120 каналов, 25 м расстояние между геофонами, 30-и кратное перекрытие. Средняя частота полосы вибросигнала уменьшается для компенсации селективного поглощения энергии с увеличением глубины. На профилях 1988 г. она составит 20–80 гц.

Все три профиля привязаны к скважинам, вскрывающим породы фундамента. Временные разрезы объединены, мигрированы и раскрашены по мгновенной амплитуде. Раскраска с красного до синего отвечает убыванию амплитуды.

Временной разрез, полученный по профилю S6-1/88, измеренному в долине р. Шайо, показывает ассиметричный грабен, наклоненный по ступенчатой системе разломов в направлении линии Дарно (см. рис. 4, разломы, надвиги нумерованы).

Среди разломов особое значение имеют три: 1.— выявлен восточнее от с. Шереньфальва, а 4. и 5.— в окрестность с. Путнок. Разлом в окр. с. Шереньфальва на поверхности выявлен, как граница геологических образований (см. геологическую карту в редакции К.Балог).

Разлом 5, выявленный восточнее от с. Путнок, соответствует известному на поверхности Киральдскому главному разлому, отвечающему границе восточного отрыва эггенбургских образований нижнемиоценового возраста. В окрестности с. Дубичань выявляется тектоническая система Дарно, нижним, внутрибассейновым элементом которой, является надвиг фундамента, образовавшимся, по-видимому, в результате гравитационного скольжения (обозначено цифрой 6).

Фундамент бассейна характеризуется большой амплитудой отражений (фиолетовый, красный цвет). Самым видным элементом профиля является поднятие в юго-восточном направлении образований фундамента олигоцен-нижнемиоценового возраста, отмеченное срывом отражений и крупными изменениями наклона. Все отмеченные явления вместе отвечают зоне Дарно.

В отличие от описанной выше, линия Дарно, в классическом представлении, является линией раздела палеозойских и мезозойских образований, характеризующихся с разным наклоном (обозначено цифрой 10).

Две стороны этой линии отмечены выходами образований каменноугольного и триасового возраста между селами Вадна и Дубичань. Ее продолжение на северо-восток расположено между горами Рудабаняи и Сендре, а на юго-запад она представляет линию раздела образований триасового и палеозойского возраста, выявленных на западном склоне г. Уппони.

В то же время, на покрытых участках, выявление границы сочлененных эрозией триасовых и палеозойских образований труднее, чем выявление структурной линии 9., отвечающей крупной ступени фундамента, соединяющей западные край гор Рудабаняи и Уппони. Многие именно эту линию считают продолжением тектонической линии Дарно, выявленной в окрестности с. Бюкксек и горы Дарно.

Эта линия хорошо выявляется геофизическими методами, благодаря изменению рельефа фундамента, и в связи с этим, изменению плотности, скорости сейсмических волн и сопротивления.

Мощность бассейна достигает свой максимум через крупный разлом 8 и серию мелких разломов. Образования фундамента между разломами 6 и 7 по склону скользили и внизу надвигались друг на друга. В связи с этим, самая глубокая точка накопителя осадков сдвинута на запад и находится в окрестности пикета 9100 в глубине 1900-2000 м при перекрытии надвинутых образований, а в окрестности пикета 8600 в глубине 1700-1800 м без перекрытия.

Для геологической интерпретации осадков палеоген-неогенового возраста, заполняющих бассейн, использованы краткие стратиграфические колонки скважин по Справочнику данных скважин и по материалам фонда Венгерского Государственного Института Геологии.

Также использовано детальное описание скважины Du-31, выполненное Д. Радоц, для в разделения нижнемиоценовых (эгентбургских и бурдигальских) образований, не расчлененных другими авторами, и для расчленения нижнемиоцен-палеогенового разреза, выходящего на поверхность западнее от с. Путнок, и отнесенного ранее к олигоцену [BALOGH K. 1963]. На интервале временного разреза S6-1/88, заключенного между скважиной Du-31 и Кирандским главным разломом, по-видимому, отмечается осадочный бассейн, заполняющийся с юго-востока.

Проградирующая дельта прослеживается с приподнятого по линии Дарно фундамента в направлении с. Путнок. Сначала заполнялся грабен, расположенный вблизи линии Дарно, вероятно, в период движения береговой линии и при большой энергии вноса образовались мощные толщи осадочных пород, вначале по-видимому, грубо-обломочного состава.

На интервале профиля до Киралдского разлома (5) однозначно выявляется заполнение при погружении бассейна. На нижней части главного разлома отражения (II.) наклониваются на фундамент с противоположным углом.

Это явление прослеживается до скважины Du-31 и может отвечать образованиям олигоценного возраста. Расположенные под ними, образования заполняющие углубление фундамента и выклинивающиеся в окрестности пикета 8300, характеризуются сильными отражениями (I) и могут отвечать более древнему палеогеновому или эоценовому возрасту.

Также хорошо, с большой амплитудой, выявляется отражающий горизонт III., который может отвечать поверхности раздела образований средне-олигоценного и верхне-олигоценного возраста. Горизонт IV интерпретирован, как поверхность раздела образований нижнемиоценового и олигоценного возраста.

Эрозионная граница расположенных выше образований нижнего и среднего миоцена находится слишком близко к поверхности, но хорошо известная по скважинам окрестности сс. Путнок и Дубичань.

В окрестности сс. Путнок и Шереньфальва где корреляция затрудняется влиянием разломов и посторонних разломов, также отмечаются промышленные шумы и неблагоприятное влияние зигзаговой линии наблюдения. По-видимому, горизонт III выклинивается у разлома 4.

Самое крайнее возможное место выклинивания горизонта IV находится у разлома 1. около с. Шереньфальвы, если принять за истинную проецированную с расстояния 800 м стратиграфическую колонку скважины Sf-2.

Разнообразное строение осадков может объясняться и влиянием сдвигов по отмеченным разломам и структурным линиям. У с. Путнок выявлено изменение направления вноса осадков, о чем свидетельствует изменение наклона в верхних слоях разреза. Согласно этому, в ходе заполнения бассейна, размер зерен мог изменяться и в горизонтальном направлении.

Фундамент триасового возраста в окрестности с. Шереньфальва приподнят до глубины 800 м, а по словацко-венгерской границе в

юго-западном направлении погружается, но согласно данным скважины Su-1 и профиля Ózd-1/88 (рис. 3) остается в относительно небольшой глубине (1050–1200 м).

По профилю Ózd-1/88 (рис. 5.) хорошо изучается и внутреннее строение фундамента, находящегося под ровной поверхностью.

У с. Шуша выявляется мелкий (1), а между с. Урай и г. Озд крупный, по высоте сброса молодой разлом (2) с юго-восточным наклоном, которые прослеживаются в покрывающей толще.

Последний разлом отвечает Шереньфальвинскому, по которому в осадках выявлен У образный разлом и предполагается горизонтальный сдвиг.

Под поверхностью фундамента характерны структурные линии с противоположным наклоном.

Среди них 3., выявленный северо-западнее от скважины Su-1, представляет собой надвиг или ось опрокинутой складки. Линии, отмеченные цифрами 4 и 5, отвечают линиям сдвига внутри фундамента.

От песчаников каттинского яруса олигоцена, описанных по скважине Su-1, получены чаще и более сильные отражения, чем от пелитов рупелского яруса. Граница между каттинскими и рупелскими образованиями, по-видимому, имеет эрозионный характер, нижнее отражения от рупелских образований последует наклон фундамента, мощность этих отложений увеличивается на юго-восток.

По описанию скважины с глубины 1056 м под маломощной толщей песчаников триасового возраста, вскрыты глинистые сланцы палеозойского возраста, затем толща смешанного осадочного и вулканического состава, а с 1532 м — метаморфизованные порфириды.

Судя по временному разрезу кажется, что на северо-западе на поверхности фундамента залегают, выклинивающиеся образования, находящиеся между глинистыми сланцами и метаморфизованными порфиридами, от которых получены редкие или хаотичные отражения. По предположению, толща, характеризующаяся с сильными отражениями, и отмеченная, в основном, фиолетовым и красным цветом, отвечает менее метаморфизованным мезозойско-верхне-палеозойским образованиям.

Под этой толщей, в окрестности с. Урай, выявлено линзообразное тело с выпуклой верхней, а, около 1,8 с, с вогнутой нижней границей. В строении тела могут участвовать кислые немагнитные интрузивные тела.

Профиль Ózd-2/88 является продолжением профиля Ózd-1/88 при пропуске города. Результаты измерений по зигзаговой линии на сильно тектонизированном участке не годны для

сейсмостратиграфической интерпретации, но могут применяться для сравнения с описанными выше профилями.

По началу профиля Ózd-2/88 (рис. 6) фундамент бассейна палеогенового возраста выявляется на 0,4 с ниже, что отвечает около 700 м, чем на конце Ózd-1/88, следовательно, под городом Озд находится система разломов с юго-восточным направлением сброса. Самая глубокая точка бассейна находится в окрестности пикета 5000, в глубине 1,45 с, что отвечает 2400 м.

По-видимому, в окрестности пикета 3300 нижнепалеогеновые отражающие горизонты выклиниваются в северо-западном направлении. По профилю выявлены два маломощных мелких миоценовых бассейна между пикетами 1300 и 2300 у скважин Svk-128 и F-52, а также у S-43 и S-10. Линия Дарно (D_1 , D_2) у Шата выявляется, но не типична в связи с изгибами по краям гор Уппони.

Участок профиля, расположенный в горах Уппони и Бюкк, дает схематичную картину структуры гор и межгорных бассейнов. Их детальная интерпретация возможна после завершения геологической съемки.

1. 2 РАЗВЕДКА УГЛЕЙ

1. 2. 1 Обзор

Геза Резеши, Марилла Антал-Бодроги, Ласло Браун, Имре Силадьи

По заказу от Центрального Геологического Управления (ЦГУ) и в сотрудничестве с Венгерским Геологическим Институтом (ответственный за тему: Б. Бернхардт) в текущем году выполнены наземные геофизические работы в четырех районах Задунайского Среднегорья (рис. 7). Методика работ 1990 г. основывалась на опыте предшествующих лет. В ходе систематического геофизического изучения Среднегорья в течение 25 лет, были адаптированы методы и разработаны их комплексы, из которых можно выбирать для успешного решения конкретных задач.

Предприятием Татабанинские Шахты с 1986 года проводится буровая разведка окрестностей *открытых разработок Вертешишомло*. Широкие окрестности разработок перспективны, наряду с олигоценовыми, также и на эоценовые угли. В июле 1986 г. ЦГУ вынесло решение о проведении предварительной разведки в пределах всей депрессии.

В ходе выполнения работ необходимо было внести изменения в проект. Участки депрессии к востоку и югу от разработок и вплоть до выходов триасового фундамента оказались пустыми, зато скважиной Vg-11 к юго-восток от разработок, начиная с 46,6 м, были вскрыты олигоценовые угли мощностью 3,6 м. Этот результат послужил основанием для расширения работ 1990 года на территорию Предприятия Оросланьских Шахт.

Значительная часть площади электроразведочных работ легко исследуется комплексом методов съемки потенциалов и ВЭЗ.

Хотя с помощью этих методов и нельзя непосредственно выявить угленосную толщу, но задавать разведочные скважины можно по структурной схеме, составленной по результатам измерений по двум направлениям способом потенциалов, то есть по карте глубины

залегания высокоомного фундамента, рассчитанного по значениям проводимости.

Для этой цели на северной полосе участка необходимо было распознать зону распространения меловых отложений в мергелистых фациях. В результате геофизических работ и пройденных 4 скважин, продуктивная площадь Предприятия Оросланьских Шахт была существенно расширена.

По инициативе Предприятия Веспремских Шахт в 1990 г. начаты работы в районе с. *Надьэстергара*. Залегая на дахстейнских известняках (верхний триас) или тешских мергелях (нижний мел), угленосная толща эоценового возраста может оказаться на небольших глубинах, доступных открытым разработкам. Согласно проекту, начатые работы завершаются в 1991 г.

При залегании на глубине менее 100 м и здесь применялся комплекс методов съемки потенциалов и ВЭЗ. С учетом значительной мощности эоценовых отложений, методы постоянного тока были дополнены профилями зондирований МПП. Глинистые мергели мелового возраста прослеживаются в ЮЮВ-ной полосе площади, северная граница которой четко выявляется при съемке потенциалов. На основании результатов электроразведки, совместно с геологом были заданы семь пунктов, по четырем из которых в 1990 г. были пройдены скважины, половина из них продуктивны.

В районе выхода *дотретичного фундамента на левом берегу Дуная* (севернее г. Будапешт) вплоть до 1989 г. не было проведено никаких геофизических работ — за исключением гравиразведки и магниторазведки по национальной опорной сети — хотя на возможности горнодобывающих работ указывают угольный разрез в Кошде (оставленный из-за прорыва воды), выходы бокситов в районе сс. Нежа и Чёвар, а также месторождения огнеупорных глин олигоценового возраста близ с. Ромхань.

С целью выявления тектонической обстановки, а именно для картирования рельефа *дотретичного фундамента*, в 1989–90 гг. на полигоне между селами Кошд, Пенц, Кесег и Нежа была выполнена гравиразведка по строгой геометрической сети 200–200 м. На 1991 г. проектируется продолжение гравиразведки, направленной на выявление перспективных участков, в сторону сс. Фелшпетень и Легенд.

В рамках программы разведки углей эоценового возраста в северо-восточной части Баконьских гор, вслед за успешным завершением разведки участка Четень–Сапар, в 1988 г. начата разведка *Баконьсенткирайской депрессии* между сс. Баконьслоп и Чатка.

На юго-западной и юго-восточной окраинах депрессии целым рядом скважин, пройденных на бокситы, были вскрыты угленосные отложения эоцена. На основании этих буровых данных, угленосные отложения ожидаются на глубинах порядка нескольких сотен метров,

поэтому определение степени опасности прорыва карстовых вод является одной из важнейших задач дальнейших работ.

В соответствии с ожидаемой глубиной залегания дотретичного фундамента, гравиразведка была выполнена с шагом от 100 до 200 м. На основании полученных данных — с учетом ограничений из-за рельефа — были пройдены профили сейсморазведки МОВ. Данные, полученные по пройденным скважинам, находятся в хорошем согласии с результатами обоих методов.

На площади работ угленосные отложения распространены широко, залегая на высотах от +50 до -250 м по отношению к уровню моря. Так как значительных водоупоров обнаружено не было, геофизические работы были завершены измерениями 1990 года.

1. 2. 2 Корреляция угленосной толщи по данным сейсморазведки и скважинной геофизики на месторождении Варпалота

Антал Папа, Иштван Ракоци, Эрнё Такач

По заказу Предприятия Веспремских Шахт в 1989 г. выполнена сейсморазведка МОВ на участке, прилегающем к шахте S-III месторождения Варпалота.

Здесь, ранее, было пройдено несколько скважин, вскрывших продуктивную угленосную толщу мощностью 5–10 м. Угленосная толща расположена непосредственно над границей гельветского и тортонского ярусов (средний миоцен). По данным бурения, положение ее кровли равномерно углубляется с запада на восток. Исключением является скважина I-90, в которой подошва угленосной толщи находится на 20–25 м выше, чем в окружающих скважинах. Важным представляется вопрос о том, что ею отмечается лишь локальное поднятие небольших размеров или же более крупный блок, который следовало бы принять во внимание при планировании горных работ.

Угленосная толща сложена рыхлыми, песчанистыми лигнитами с обломками древесины, ниже на всей площади прослеживается отражающая поверхность, находящаяся, по представлениям авторов, вблизи от границы гельветского и тортонского ярусов. По свидетельству скважин, угленосная толща точно прослеживается этим горизонтом, так что разведка углей можно осуществить косвенным способом с достаточно высокой надежностью.

На сейсмических разрезах указанный горизонт был обозначен в качестве маркирующего, и по нему был выявлен ряд разломов

различного порядка в окрестности угольной залежи. При прослеживании маркирующего гелльветско-тортонского горизонта, возникли проблемы, связанные с тем, что не было достаточно точных данных по скоростям для пересчета разрезов буровых скважин. При пересчете глубины залегания угленосной толщи на время пробега сейсмических волн, с учетом данных сейсмокаротажа, трудно решить, какую именно фазу следует принять за подошву угольной залежи.

Одновременно с производством сейсморазведки, была пройдена скважина I-149, по которой был выполнен акустический и плотностный каротаж. Мощность угленосной толщи по скважине составляет 10 м. В качестве нижнего предела разрешающей способности сейсморазведки можно принять значение $\lambda/4$, где λ — длина сейсмической волны.

В результате расчетов получено, что при заданных частотах и скоростях возможно выделение угольной залежи, поэтому, опираясь на данные скважинной геофизики, на отрезке сейсмического профиля In-1/89, прилегающем к скважине, была проведена точная корреляция угленосной толщи.

На рис. 8 приводятся кривые акустического и плотностного каротажа с обозначением положения угольной залежи. По кривой плотностей четко выделяются подошва и кровля залежи, однако, на акустической кривой, только подошва отмечается резким изменением. Тем самым подкрепляется предварительное предположение о том, что на сейсмических разрезах подошва должна выделяться в качестве отражающей поверхности. Для точки скважины, была рассчитана кривая акустического импеданса, приведенная ко времени пробега сейсмических волн, а по ней — синтетическая сейсмическая трасса (рис. 9).

Преобразование глубина-время было осуществлено на основании времен пробега акустических волн. По синтетической трассе точно отождествляется подошва угленосной толщи, а по интерференционному минимуму — также и ее кровля. На синтетической трассе росту акустического импеданса, отмечающему подошву, соответствует максимум положительной фазы, а снижению, отмечающему кровлю, — минимум отрицательной фазы.

Синтетическая трасса на рис. 10 вмонтирована в разрез с миграцией. Визуализация сейсмических разрезов на экранах EGA/VGA разработана Чабой Берецки. Хорошее соответствие между измеренными и синтетическими трассами обуславливает возможность литологической корреляции сейсмического разреза на основании кривых скважинной геофизики, приведенных ко времени пробега сейсмических волн в окрестностях скважины.

Кривая относительного псевдоакустического импеданса, составленная по сейсмическому разрезу с миграцией, отражает изменения акустического импеданса, поэтому может быть непосредственно сопоставлена с кривой акустического импеданса по данным скважинной геофизики (рис. 11). По скважине, подошва угленосной толщи отмечается возрастанием акустического импеданса, а кровля — его снижением. В хорошей корреляции с этим, на кривой относительного псевдоакустического импеданса находится положительное изменение акустического импеданса (красное) у 260 мс и отрицательное (синее) — у 250 мс. Таким образом, появляется возможность корреляции подошвы и кровли залежи в окрестностях скважины.

С использованием данных сейсморазведки и скважинной геофизики были составлены также и кривые абсолютного псевдоакустического импеданса (рис. 12) и псевдоплотностей (рис. 13). На месте изучаемой скважины угленосная толща отмечается фазой, появляющейся в 250 мс и отмечающей низкие импеданс и плотность. Представляется вероятным, что по скважинам, без кривых акустического каротажа, также можно провести указанный выше анализ на основе кривых плотностей [LAWTON et al 1991].

Литература см. после английского текста на стр. 37.

1.3 ПОИСКИ БОКСИТОВ

1.3.1. Обзор предварительных поисков бокситов

Криштоф Какаш, Яанош Киш, Балаж Мадьяр, Имре Силадьи, Золтан Серени

Измерения были выполнены по 5 проектам на территории Задунайского Среднегорья и гор Виллань по заказу Венгерского Центрального Геологического Управления (рис.7.)

По проекту на поиски работы были начаты в юго-восточной части гор Герече еще в 1983.г., в отчетном периоде было проверено существование углублений фундамента, предположенных по данным гравиразведки. В окрестности *Тарян-Фелшогалла* измерения выполнялись методом многочастотного зондирования, а в окрестности *Сомор-Дермей* — методом ВЭЗ. Потвержденные углубления рекомендованы на скважинные поиски бокситов и (или) бурого угля.

Западнее от с. *Байна*, а также в окрестности *Кертвейешпуста* (на северо-восточной части гор Вертеш), поисковались перспективные на бокситы углубления фундамента (между выходами на поверхности пород фундамента триасового возраста), прежде всего, методом съемки сопротивления СДВР.

Хорошие результаты применения метода многочастотного зондирования получены там, где кровлей мелких углублений явились песчаники Харшхедьской формации, имеющие большое сопротивление. Восточнее от с. *Чабди* выполнена детальная гравитационная съемка. Юго-восточнее от с. Мань исследована структура фундамента триасового возраста сначала методом съемки потенциалов (и частично измерения сопротивления СДВР), а затем, по профилям, методом многочастотного зондирования. Пробуренные по результатам измерений 2 скважины, подтверждают предположение об инфраолигиценовой денудации участка.

Применяемость комплекса методов, включающих предварительную гравитационную съемку, последовательную съемку потенциалов, а на локализованных углублениях фундамента триасового возраста, многочастотное зондирование по профилям, показывается на примере одного из профилей на участке Алшоэршпуста (рис.14).

Минимум гравитационных аномалий и максимум проводимости локализуют "бассейн" между приподнятыми блоками триасового фундамента. Точная глубина фундамента (а также элементы его структуры) получены по данным многочастотного зондирования. По кривым зондирования также можно расчленить осадки, заполняющие бассейн. Над фундаментом предполагается наличие толщи пород с низким удельным сопротивлением.

Рекомендованная по геофизическим данным скважина Zs-89 в ожидаемой глубине, вскрыла бокситоносную толщу.

На территории *северо-западного предгорья г. Баконь*, в окрестности с. Таполцафе, были продолжены поиски, начатые в 1986.г.(см. Годовой Отчет за 1987.г., стр. 231-232, Годовой Отчет за 1988-1989.гг., стр.332-333).

С помощью зондирования методом переходных процессов и съемки потенциалов определены распространенность и глубина залегания известняков Угодской формации, считающейся перспективной подошвой бокситов. По данным гравиразведки и электроразведки определено структурное положение

фундамента триасового возраста, а также распространение триасового фундамента с некарбонатным составом пород, являющегося признаком, исключающим образование бокситов .

Пробуренные скважины подтвердили геофизических данных, но не вскрыли бокситов.

На территории *южного предгорья г. Баконь* предварительные поиски начаты в 1987.г.(см. Годовой Отчет за 1988-89.гг.,стр. 332). В связи с большими размерами участка и относительно низкой перспективностью, общая площадная съемка не считалась целесообразной. Измерения проводились на небольших модельных участках, которые могут служить аналогом всего региона.

После определения, таким путем, геолого-геофизической модели, на не заснятых участках подготовку буровых работ можно проводить при небольшом количестве геофизических измерений. В 1990.г. площадные работы проводились в окрестностях Агартетэ и Талоди-эрдэ, а целевые профильные измерения, для определения места заложения скважин, проводились в окрестности с. Моношторапати и г. Таполца.

Интересным заданием явилось исследование на участке Агартетэ. Площадь участка составит 14 кв.км, геологическое строение характеризуется наличием базальтового покрова. Исследование глубины фундамента триасового возраста и бокситоносных структур на поверхности доломитов методами постоянно токовой электроразведки невозможно в связи с большим сопротивлением базальтов. С помощью зондирования методом переходных процессов, можно определить глубину фундамента, расчленение покрывающей толщи решается комплексированием интерактивной интерпретации и способа TRN при обработке данных МПП (рис.15.).

Базальтовый покров в данное время еще не перебурен. В *северном предгорье Южного Баконь*, севернее от нирадского месторождения бокситов, в 1990.г. с помощью многочастотного зондирования исследовались тектонические блоки и ступни триасового фундамента с целью поисков таких участков, где предполагаемая бокситоносная толща расположена близко к поверхности (до глубины 200 м), и по возможности находится под толщей эоценового возраста.

В окрестности *с. Айкарендек и Кишлед* выполнена гравитационная съемка, в результате которой получена углубляющаяся на север структура триасового фундамента.

Углубление в направлении Малой Венгерской Впадины среднегорного фундамента расчленено горстами северо-восточного простиранья. Пробуренная по нашей рекомендации скважина Ак-33 в глубине 400 м, вскрыла бокситы хорошего качества при мощности 38 м и, тем самым подтвердила распространенность проявлений бокситов ихаркутского типа. К сожалению, вскрытое проявление не имеет экономического значения в связи с большой глубиной залегания.

На участке *гор Виллань* завершена гравитационная съемка, и продолжено исследование блоков-чешуев мезозойского возраста, в основном зондированием методом переходных процессов. По опытам многолетней скважинной проверки, можно сделать вывод о том, что геофизические измерения могут эффективно применяться в определении элементов структуры мезозойского фундамента, но по ним нельзя локализовать скрытый контакт юрских и меловых образований.

1.3.2 Обзор геофизических измерений при поисках и разведке бокситов

Чаба Том, Беата Чато

В 1990 г. геофизические работы на выделенных участках Задунайского Среднегорья по заказу Бокситового предприятия (ВКВ) проводились ЭЛГИ в том же объеме, что и в предыдущие годы. Геофизические работы этого года практически целиком были направлены на подготовку малоглубинных поисковых скважин на бокситы (картирование рельефа и глубины залегания подошвы бокситов, определение типа осадочных толщ, звполняющих выявленные депрессии, выбор оптимального места заложения поисковой скважины). Наряду с геологическим строением этим заданиями определялся круг применяемых геофизических методов.

Особенностью работ этого года в отличие от прежних являлось сокращение, ставшей привычной, потребности в наземном обследовании обширных площадей и возрастание количества работ с точно сформулированной. Предприятием задачей, например, по определению положения и простираения заданного сброса и амплитуды смещения по нему. Небольшие участки, в пределах которых намечалось проведение геофизических работ с целью определения ожидаемых глубин и избегания сбросов при выборе пунктов под разведочные скважины, были выбраны также заказчиком. 34 % наземных измерений было выполнено в рамках программы перспективных поисков бокситов с целью подготовки поискового бурения в пределах новых крупных площадей, не обследованных до сих пор даже геофизическими методами.

Обоснованием наземной геофизической разведки на площадях с неглубоким залеганием фундамента в окрестностях трех действующих бокситовых рудников Баконьских гор (Ньирад, Ихаркут и Феньёфё) в значительной степени, служили аэрогеофизические измерения 1987 и 1989 гг. [Годовой отчет ЭЛГИ за 1988-89 гг., стр. 363-368]. Необходимо отметить, что буровые поиски в пределах площади производства воздушной электроразведки были завершены в начале 1990 г. Эффективность применения аэрогеофизических работ в поисках бокситов была исследована в свете геологических результатов. Для этой цели ВКВ и ЭЛГИ была создана совместная рабочая группа.

Имеющийся опыт свидетельствует о том, что воздушной электроразведкой на первом этапе, надежно заменяется наземная съемка методом СДВР, благодаря которой может быть получена обзорная

морфология подошвы бокситов рельефа фундамента достаточной детальности при малой мощности перекрывающих отложений, а также основные структурные элементы закрытых площадей. С их помощью в рельефе фундамента могут быть выявлены все понижения размером более 100 м и большинство более мелких. Могут быть выявлены характерные аномалии перспективных на бокситы участков, так что буровые работы могут быть направлены на эти участки, тем самым ускоряется опосредованное обследование обширных неизученных территорий. Закончена обработка данных аэрогеофизической съемки 1989 г.; по первым результатам геологической интерпретации, ВКВ приступило к буровым работам. Интерпретация результатов измерений освещается в разделе 1.3.3.

В 1990 г. аэрогеофизические измерения с целью поисков бокситов (рис. 7) были выполнены на трех участках с общей площадью 120 кв.км (Уркут-Херенд, Эплень-Восток и Теш). Станция комплексной аэрогеофизической съемки была арендована у Австрийского Федерального Геологического Бюро (Geologische Bundesanstalt, Вена), специалисты которого участвовали в измерениях и выполняли первичную обработку данных.

В отчете за 1988-89 гг. станция комплексной аэрогеофизической съемки уже была охарактеризована. В текущем году вместо двухчастотных измерительных зондов применялся трехчастотный зонд типа DIGHEM III. Геометрические параметры катушек и измерительные частоты аппаратуры: такие: пара катушек на общей вертикальной оси — $f=32000$ гц, пара катушек на общей горизонтальной плоскости — $f=900$ гц и $f=7200$ гц. Максимальная частота при малой мощности кровли обеспечивает возможность определения параметров перекрывающих отложений, а применение трех частот — возможность двуслойной интерпретации. Технические параметры измерений 1990 г. (высота полета, расстояние между профилями и т. п.) соответствовали таковым в прежние годы.

В течение года были приложены усилия к тому, чтобы результаты только что законченных геофизических измерений по конкретным площадям были сразу обработаны, проинтерпретированы и переданы Заказчику в задокументированном виде, о чем свидетельствует 21 промежуточный отчет, сводка данных, сообщение и акт передачи геофизических проектных пунктов скважин, и их закрепления на местности.

1.3.3 Геологическая интерпретация данных аэрогеофизических измерений

Марилла Антал–Бодроги, Беата Чато, Агнеш Гуяш, Янош Киш, Имре Силадьи

Введение

Для геологической интерпретации результатов аэрогеофизических измерений 1989 г. в соответствии с требованиями, возникающими при поисках и разведке полезных ископаемых, после выполнения измерений стало необходимым выполнение следующих операций:

- проверка и поправка результатов измерений, заполнение банков данных, составление карт параметров и разрезов;
- обработка и интерпретация дополнительной геолого-буровой информации;
- классификация воздушных аномалий по карте или профилям, их наземная идентификация, оценка глубин до фундамента, проверка наземными методами;
- выбор бокситоносных структур необходимого размера, определение характера кровли;
- выбор аномалий, перспективных на бокситы, а также геофизических проектных пунктов по ним с перенесением последних в натуру.

Наземная и буровая проверка аэрогеофизических аномалий находится в стадии выполнения предприятием ВКВ. Ниже представлена информация по обработке и интерпретации результатов измерений в окрестностях сс. Халимба и Шюмег, о чем было уже доложено в нескольких докладах [CSATHÓ et al. 1990, GULYÁS et al. 1991].

После предварительной обработки данных, выполненной австрийскими специалистами, аэрогеофизические данные были введены в банк данных, созданный на ЭВМ типа IBM-4361 ЭЛГИ. Основная программа INTERGRAPH, дополненная специальными операциями, объемная программная система ILWIS (GIS*) и программы по визуализации аэрогеофизических профилей обеспечивают возможность совместной визуализации карт и профилей аэрогеофизических параметров, скважин, топографической ситуации и рельефа в виде разнообразных разрезов и карт.

*GIS=Географическая Информационная Система

В ходе интерпретации были использованы не только результаты электромагнитного и магнитного моделирования, но также и результаты экспериментов по обработке изображений, выполненных в Институте Геодезии и Дистанционных Методов (FÖMI).

Геолого-геофизическая модель площадей работ

На большей части площадей работ мезозойские (в основном верхнетриасовые) карбонатные породы (главный доломит, дахштейнский известняк и, возможно, кёссенские слои) находятся на дневной поверхности или вблизи от нее.

В понижениях рельефа поверхности мезозойского фундамента тектонического, отчасти карстового происхождения, могли возникнуть бокситы. Перекрывающая толща сложена палеогеновыми и неогеновыми отложениями изменчивого состава и переменной мощности: разрез эоцена характеризуется в основном карбонатными породами (известняками, мергелями), а неогена — преимущественно обломочными породами. Неогеновые вулканиты (щелочные базальты) встречаются в основном на площади Халимба.

На геологической карте площади Халимба (рис. 16) области распространения красноцветных бокситоносных глин были дополнены на основании классификации почв на космическом снимке LANDSAT TM [Г. Чиллаг, Венг. Геол. Ин-т] и своих собственных полевых наблюдений.

Важнейшие геологические образования площади работ вместе с их петрофизическими параметрами в основном по данным полевых наблюдений сведены в *табл. I*. Поскольку физические параметры некоторых образований перекрывают друг друга, становится целесообразным одновременное измерение и учет как можно большего количества компонент.

Электромагнитными измерениями можно картировать рельеф карбонатного фундамента согласно данным опытных работ [CSATHÓ et al. 1990], а также по выполненному моделированию, количественную интерпретацию можно свести к одномерной задаче (DIPEM, HOLEM).

Радиометрическими измерениями можно выявить бокситоносные толщи при их приповерхностном залегании.

При производстве радиометрических измерений помимо суммарной естественной активности на основании значений интенсивности, измеренной в соответствующих диапазонах энергии, были определены концентрации калия, а также эквивалентные содержания урана и тория.

Данному методу доступно прямое изучение лишь верхних нескольких десятков см грунта. При благоприятных условиях (остаточные почвы) возможно косвенное изучение пород, из которых образуются почвы.

Геохимическое поведение этих трех измеренных элементов существенно отличается. *Калий* является одним из наиболее распространенных и наиболее подвижных элементов. Поскольку в оформлении его наземных концентраций индустриальные эффекты (калийные удобрения, коммунальные стоки и т. п.) играют большую роль, карта распределения калия не везде может служить основой для прямых геологических выводов. Содержания калия в базальтах значительны. *Уран* представляет собой подвижный элемент, встречающийся в очень небольших содержаниях. Степень его концентрации зависит от окислительно-восстановительных условий. Возрастание содержания урана может свидетельствовать о наличии осадочных пород, возникших в восстановительных условиях, или открытых тектонических нарушений. Заслуживают внимания сравнительно высокие концентрации урана в доломите.

Торий является элементом, встречающимся в низких концентрациях. При образовании бокситов он накапливается в нерастворимом остатке, поэтому над бокситовыми линзами, у их периферии, наблюдаются повышенные содержания тория.

Площадь работ Халимба

Помимо карт параметров аэрогеофизических измерений по площади Халимба, представляются и такие трансформированные изображения, которые особенно эффективно могут быть использованы в геологических работах.

На высокоомных участках (яркие розовые оттенки) *карты кажущихся удельных сопротивлений при 3600 гц (рис. 17)* глубина залегания триасовых образований не превышает 5 м. Сюда должна быть отнесена высокоомная зона, выделяющаяся в центральной части площади работ, в пределах которой хотя и наблюдаются несколько незначительных минимумов сопротивлений, но их амплитуда не указывает на повышенную мощность кровли, так что она не является перспективной на бокситы.

Наличие бокситов наиболее вероятно на "переходных" участках вокруг выходов, обозначенных блеклыми переходными цветами. Эффективность съемки методом сопротивления наиболее высока в этих

зонах. На опущенных участках, обозначенных голубым цветом, мощность перекрывающей толщи значительна (несколько десятков м).

В юго-западном углу карты магнитных (ΔT) аномалий (рис. 18) могут быть установлены два базальтовых тела (1 и 2) разной намагниченности и, следовательно, являющихся продуктами разновозрастной вулканической деятельности. Малоинтенсивные аномалии на востоке (*a* и *b*) связаны с базальтами, залегающими в виде покровов.

По результатам радиометрических измерений, для обнаружения наземных проявлений бокситовых и красноцветных глин, наиболее пригодна карта распределения тория (рис. 19). К известным бокситовым линзам и проявлениям красноцветных глин действительно приурочены максимумы тория. Аномалии, естественно, не являются точными в отношении их локализации и формы но, на основании наземной рекогносцировки площади и геоморфологических данных ториевая карта может быть использована для выявления перспективных участков.

В дальнейшем представлены некоторые из результатов экспериментов по обработке изображений. Статистические характеристики конкретных параметров сведены в табл. II. Обработка изображений и многокомпонентный статистический анализ в настоящее время используются в широком спектре исследований, начиная от химических анализов в медицинских исследованиях и кончая интерпретацией космических снимков. Соответствующие математические приемы описаны в ряде работ [напр. RICHARDS 1986]. В зарубежной литературе можно найти также и примеры по обработке результатов аэрогеофизических измерений, хотя и для иного типа геолого-геофизических разрезов. Первая опытная обработка изображения выполнена на карте сопротивленая.

Поскольку корреляция между двумя исходными картами сопротивлений высока, представляется целесообразным проведение трансформации главных компонент и расчета изображения на основании выполненной таким образом корреляции. Объяснение полученных изображений возможно на основе геологической информации и расчетов электромагнитных моделей.

В то время, как главный компонент 1 (рис. 20) не дает существенной дополнительной информации по сравнению с исходными картами сопротивления, главный компонент 2 (рис. 21), получаемый путем взвешенного вычитания карт сопротивления с различной глубиной и латеральной чувствительностью, позволяет выделить в пределах впадин, заполненных неогеновыми отложениями, области с различными глубинами залегания фундамента (рис. 21, индексы *a*, *b*, 1 и 2).

Поскольку не существует количественного метода интерпретации результатов радиометрических измерений, представляется целесообразным определять зависимости, характерные для данной площади и данной задачи, с учетом как можно большего круга информации (геологической карты, космических снимков, наземных и лабораторных измерений активности и др.) по конкретной площади. Помощь в этом оказывает способ классификации без учителя (кластерный анализ).

Сущность классификационных способов заключается в том, что точки измерений на основании измеренных в них значений параметров (векторов свойств по точке) относятся к определенным группам (классам).

Основой отнесения является сходство определенного вектора свойств с векторами свойств одного из классов или же его отличие от таковых других классов. В случае статистически детерминированных классов могут использоваться способы Бейса (Bayes) по вынесению решений, а в случае частичной детерминированности, классификация может быть выполнена с помощью "учителей". При классификации без учителей нет необходимости в предварительных знаниях, и даже количество классов не должно быть задано для автоматического разделения на классы.

При раскраске классовых карт калия, тория и урана по площади Халимба (рис. 22.) цвета информативных классов были выбраны с таким расчетом, чтобы подчеркнуть сходство полученной классовой карты с геологической картой (рис. 16). Конкретные классы параметров иллюстрируется рисунком 23 в плоскостях eU и eTh . Сопоставление этой карты с геологической (рис. 16) убедительно свидетельствует о том, что радиометрические измерения, несмотря на их малую глубинность, дают информацию о типах вмещающих пород.

По выполненному до сих пор анализу радиометрических данных можно было сделать следующие выводы. Там, где доломит выходит или почти выходит на дневную поверхность, характерны высокие концентрации урана (лиловые цвета на классовой карте). Подобные выводы были сделаны и по материалам прежних исследований в Венгрии и Австрии. Классы с низкими концентрациями урана, тория и калия, обозначенные коричневым цветом, могут быть связаны с областями распространения эоценовых отложений на поверхности или на малых глубинах. Для паннонских базальтов характерны высокие содержания калия и средние - тория и урана (класс зеленого цвета). Бокситы, бокситовые глины и красноцветные глины, в соответствии с

результатами прежних полевых измерений и лабораторных анализов, характерны высокими концентрациями тория.

Вероятно, эффект от применения калийных удобрений на сельскохозяйственных угодьях также играет роль в том, что содержания калия высокие или средние.

Поскольку выходы бокситовых пород находятся в областях выхода главного доломита и на их периферии, высокие содержания урана, характерные для данного информативного класса, могут быть связаны с главным доломитом.

Значительное площадное распространение красных цветов на классовой карте связано с широким распространением бокситовых пород на поверхности, хотя и в незначительной мощности. Может быть выделен класс параметров (номер 3), в наибольшей степени увязывающийся с известными линзами бокситов и с известными проявлениями бокситов на дневной поверхности.

Площадь работ Шюмег

Сходная интерпретация по геологии бокситов была выполнена и по шюмегской площади работ. Кроме того рабочей группой Венгерского Геологического общества с участием специалистов ЭЛГИ был проведен сравнительный анализ аэрогеофизических, прочих дистанционных и классических геологических методов.

В составленном отчете даются сведения по интерпретации результатов аэрогеофизических измерений с позиций прикладной геологии (геологии окружающей среды, гидрогеологии, поисков и разведки полезных ископаемых).

Одной из областей использования результатов аэрогеофизических измерений является геология окружающей среды. Эффект от загрязнения окружающей среды из-за человеческой деятельности сильно зависит от геологического строения дневной поверхности.

Водоносные горизонты подвержены наибольшей опасности быть загрязненными там, где на дневной поверхности залегают водопроницаемые образования. На шюмегской площади подобными опасными зонами являются области выходов (мощность кровли менее 1 м) и неглубокого (менее 5 м) залегания доломитов, особенно, если они перекрыты высокоомными отложениями типа галечников или рыхлых доломитов.

На основе данных аэрогеофизической съемки и прочих геологических данных (геологической карты дневной поверхности,

разрезов буровых скважин) можно было составить карту опасности загрязнения (рис. 24) окружающей среды, в первую очередь, с использованием сопротивлений, измеренных при 3600 гц (рис. 25). Наименее чувствительными к загрязнениям являются зоны, в которых низкими удельными сопротивлениями отмечается наличие мощных пачек глин. На основании карт распределения калия (рис.26) были намечены участки наиболее загрязненные вследствие применения минеральных удобрений.

Шаг электромагнитных измерений по профилям (3-5 м) был на порядок меньше среднего расстояния между профилями. Поскольку размещение пунктов измерений в пространстве является довольно неравномерным, надежное выявление структур малых горизонтальных размеров возможно лишь при наличии детальных профилей. При профильной интерпретации довольно легко получается совместная интерпретация параметров.

На профиле (рис. 27), приведенном в качестве примера, можно точно оконтурить не только области развития неогеновых отложений. На основании расчетного параметра "кажущаяся глубина" можно наметить также и контур распространения меловых образований. На основании профилей сопротивления, определенных на двух различных частотах, неогеновые впадины могут быть расчленены на части, заполненные паннонской (верхний миоцен - плиоцен) и миоценовой (нижний-средний миоцен) толщами.

Минимумы сопротивления на профилях свидетельствуют о наличии углублений в рельефе фундамента ('A', 'B', 'C') или же об изменении состава пород внутри фундамента (' α '). Изменения сопротивлений могут объясняться совместными изменениями глубины залегания фундамента и состава перекрывающих отложений ('I'), а также одними лишь различиями в составе перекрывающих отложений ('1').

На радиометрических профилях наблюдаются уже охарактеризованные особенности, то есть: аномалии, связанные со сбросами, на профиле eU (*); аномалии eTh/K вблизи от заброшенных открытых разработок (**); а также области повышенных концентраций калия из-за применения искусственных удобрений (***).

Литературу см. после венгерского текста на стр. 56.

1. 4 ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Имре Фейеш, Балаж Мадьяр, Ласло Шёнвиски

В последние годы и в Венгрии распространилось понимание важности дела охраны окружающей среды, давно осознанной в развитых странах. В рамках такого мышления, охрана природной среды и сведение к минимуму ущерба, в ходе деятельности человека представляют собой задачи, которые надо решать в обязательном порядке.

Поскольку в поддержании как естественной, так и искусственной среды, определяющим является геологический фактор, то в охране природы и окружающей среды геофизические методы должны получить значительную и возрастающую роль, ибо эффективное, быстрое и объективное познание состояния недр в первую очередь возможно путем применения геофизических методов.

Геофизическая методика для решения задач охраны окружающей среды, в соответствии с логикой, была разработана путем усовершенствования методов инженерной геофизики и малоглубинных геофизико-гидрогеологических изысканий. В прошедшие годы в Годовом отчете было представлено много примеров подобных измерений. Мышление в рамках ответственности за окружающую среду не только создало новый рынок сбыта для геофизических измерений, но также дало основание для усовершенствования геофизических методов.

Стало необходимым применять такие способы и такие приборы, которые, с одной стороны, более эффективны и более быстрые, нежели существующие, а с другой, обеспечивают возможность измерения специальных параметров (напр. водопроницаемость или содержание углеводородов). В 1990 г. за счет средств госбюджета была начата многолетняя работа по разработке методики, результаты которой будут видны уже в 1991 г.

1. 4. 1 Исследование хранилищ опасных отходов

В 1989 г. Министерство Охраны Окружающей Среды обратилось к Центральному Геологическому Управлению с просьбой представить новые предложения по созданию национальной сети хранилищ опасных отходов. Для безопасного размещения отходов решающее значение имеет водопроницаемость приповерхностных образований, поскольку очень важно, чтобы загрязняющие вещества не смогли проникнуть в подземные воды из хранилищ отходов.

Геологическая съемка поверхности не может дать необходимой для решения этой задачи информации. Малоуглубинные скважины, с одной стороны, стоят дорого, а с другой, не обеспечивают возможности определения "в массиве" коэффициента фильтрации. Зато при помощи аппаратуры по инженерно-геофизическому зондированию водопроницаемость слоев может быть определена непосредственно, в условиях ненарушенного залегания (способ фильтрации Кхафаги через колонну труб инженерно-геофизического зондирования на заданной глубине).

Поэтому на проектных площадках хранилищ отходов в 1990 г. была выполнена серия инженерно-геофизических зондирований, с одной стороны, для определения геологического разреза, а с другой, для измерения коэффициента фильтрации (" k ") водоупоров, обнаруженных при зондировании.

Между естественной гамма-активностью и водопроницаемостью, измеряемых при зондировании, имеется тесная, хотя и не универсальная в масштабах страны связь. Возрастание естественной активности почти всюду сопровождается понижением водопроницаемости. Естественная гамма-активность рыхлых приповерхностных отложений при отсутствии иных источников радиоактивности, например, радиоактивных отходов, в основном, связана с изотопом калий-40.

Поскольку последний в ощутимых количествах содержится в иллите, одном из важнейших глинистых минералов, данный параметр в хорошем приближении может служить мерой глинистости. Высокоглинистые образования обычно обладают низкой водопроницаемостью. Надежность зависимости, следовательно, помимо факторов точности измерений контролируется и минеральным составом, или, более точно, тем, в каких порциях встречается иллит среди глинистых минералов конкретной породы конкретного района. Если в изучаемом интервале глубин коэффициент " k " был определен в одном или нескольких пунктах, то, на основании кривой активности, можно с достаточной надежностью выявить интервалы с подобной, лучшей или худшей водопроницаемостью. Все это лучше всего иллюстрируется

результатами измерений, выполненных близ с. Берет (область Земплен, северо-восток Венгрии) (рис. 28).

На участке с благоприятным, с точки зрения размещения отходов, строением паннонские отложения (верхний миоцен — плиоцен) близ поверхности оказались вопреки ожиданиям недостаточно водоупорными. Измерения "k", выполненные одновременно с зондированием на постоянной глубине 9 м, дали значения порядка 10^{-7} см/с, но снижением естественной активности по всем пунктам отмечается наличие песчано-алевритистого прослоя.

Два испытания, проведенные позднее в этом горизонте, подтвердили такое заключение. Поскольку соответствующие образования в одном из пунктов залегают на глубине всего 1 м от дневной поверхности, в экспертном заключении указывалось, что данный участок является не благоприятным по своему геологическому разрезу и не годным для сооружения хранилища опасных отходов.

Для выбора площадки под хранилище опасных отходов необходимо совместное применение обзорных наземных геофизических измерений (например, ВЭЗ-ов) и детализационных инженерно-геофизических зондирований. В качестве примера приводятся измерения в окрестностях сс. Вал и Вертешача (северо-восток Задунайского Среднегорья). На первом этапе задача заключалась в выявлении ВЭЗ-ами таких участков, где близ поверхности залегают мощная (более 10 м) толща глин, предположительно водоупорного характера. По профилю длиной 5,5 км, примерно по 2 км, были выявлены подобные глины (рис. 29).

Вслед за тем, были выполнены инженерно-геофизические зондирования, по которым были определены значения коэффициента фильтрации. Благодаря удачному стечению обстоятельств, приповерхностные, то-есть перекрывающие искомую глинистую пачку, отложения также оказались водоупорными, ибо пройденные слоистые алевритисто-песчаные отложения оказались сцементированными и высококарбонатными. Таким образом, в результате выполненных измерений была выбрана оптимальная площадка для размещения опасных отходов.

1. 4. 2 Исследование хранилищ отходов

Одной из целей охраны окружающей среды является в предотвращение распространения вредных веществ из отходов

человеческой деятельности. В предыдущем разделе были приведены примеры выбора площадок под хранилища отходов с минимизацией опасностей для окружающей среды.

Иной подход требуется в отношении уже накопившегося мусора или отходов на случайно, неквалифицированно или безответственно выбранных площадках. Во многих случаях, с целью сокрытия следов, мусор засыпается грунтом, но опасность от этого не исчезает: возможность загрязнения скрывается в грунте наподобие бомбы замедленного действия.

Геофизическими методами такие "нелегальные" или "дикие" свалки могут быть выявлены. Удельное сопротивление искусственного слоя обычно существенно отличается от такового в природном окружении и вследствие изменчивости состава колеблется в широких пределах. "Нарушенность" грунта может быть выявлена радиолокационными или высокочувствительными магнитными измерениями. Если в мусоре или отходах было достаточно намагничиваемых веществ, то хранилище может быть выявлено магниторазведкой.

Измерения такого типа были выполнены в окрестностях с. Кунсентмиклош. Возникло подозрение, что в пруд с глубиной до 2 м, куда спускались сточные воды, были погружены железные бочки с опасными веществами. С помощью магнитометра, установленного на пластмассовой лодке, было закартировано магнитное поле на поверхности озера (рис. 30). Большая часть озера оказалась безаномальной, но аномалия в северо-восточном углу свидетельствует о наличии железных бочек.

Соображения, высказанные в предыдущем разделе, не состоятельны в отношении существующих хранилищ отходов. Вопрос обычно заключается не в том, где складывать мусор; а в том, какую опасность для окружающей среды он представляет там, где он уже сложен. В примере, приводимом на рис. 31, заброшенный песчаный карьер близ с. Сада (окрестности г. Будапешт) превратился в нелегальную свалку. Местные власти были намерены разрешить проблему путем выравнивания грунта с перекрытием мусора и установки запрещающих знаков.

Вмешательство властей было обосновано стремлением охраны водосборной площадки, расположенной в нескольких километрах отсюда. Электроразведочным профилированием методом сопротивлений можно было надежно оконтурить захороненные отходы и оценить их объем. По данным инженерно-геофизического зондирования, изученный интервал глубин 25–30 м расчленяется на два горизонта. Верхний из них состоит в основном из песков и алевроитов и является слабо

водопроницаемым, а нижний — из глин и алевроитов, являясь водоупором или почти водоупором. Тонкая структура горизонтов свидетельствует о том, что в пределах водопроницаемых пачек могут попадаться маломощные водоупоры, а внутри водоупорных пачек — маломощные водопроницаемые слои.

Интерпретация кривых ВЭЗ позволяет сделать вывод о том, что нижняя толща, состоящая в основном из водоупорных пород, имеет мощность свыше 100 м. При лабораторном анализе проб воды, отобранных с помощью фильтровых зондов на глубине около 10 м, было выявлено опасное для здоровья бактериальное и химическое загрязнение.

Таким образом, результаты геофизических измерений и лабораторного анализа свидетельствуют о наличии необратимого загрязнения, которое будет распространяться вглубь очень медленно, но по латерали, если и не быстро, но с ощутимой скоростью. Ожидаемое направление миграции совпадает с направлением наклона поверхности водоупора. Чисто случайно, упомянутая выше водосборная площадка находится как раз, в обратном направлении.

1. 4. 3 Выявление ущерба, нанесенного окружающей среде, нефтепродуктами

Геофизические исследования могут способствовать не только предотвращению ущерба, наносимого окружающей среде, но и устранению уже нанесенного ущерба. Одним из наиболее часто встречающихся типов ущерба, нанесенного окружающей среде, является загрязнение нефтепродуктами.

Последние, из-за переноса на зеркале грунтовых вод, медленно, но коварно могут загрязнить колодца и водосборные сооружения. При инженерно-геофизическом зондировании загрязненность почв нефтепродуктами может быть прямо выявлена по высокому содержанию водорода в породах, и имеющиеся установки обеспечивают возможность мгновенного отбора проб из ненарушенных грунтов, так что степень загрязненности может быть уточнена и в лаборатории.

При радиолокационных измерениях с геологической направленностью есть надежда на прямое выявление уровня углеводородов с дневной поверхности. Для минимизации ущерба, наносимого окружающей среде, помощь может быть оказана также и косвенными геофизическими данными: при определении

гидролого-гидрогеологического состояния, а также направления и скорости движения грунтовых вод охранные мероприятия могут быть обоснованы и организованы.

Железнодорожная авария на станции Пецел в 1988 г. служит примером важности информации о геологическом строении (рис. 32). Вследствие аварии около полотна разлилось примерно 50 т легкой солянки, большая часть которой ушла в грунт. Наличие водосборных колодцев всего на расстоянии 150 м вызвало необходимость незамедлительного вмешательства. Три наблюдательных колодца и 28 колодцев по извлечению солянки из-под грунта были пройдены без геологической подготовки. После того, как в течение нескольких месяцев, в наблюдательных колодцах не было выявлено загрязнений, и извлекающие колодцы работали с низкой эффективностью, ответственные власти все-таки приняли решение провести геолого-геофизические работы.

Путем инженерно-геофизических зондирований были определены малопериодные локальные колебания водопроницаемости толщи рыхлых отложений переменного состава и, способом эквипотенциальных линий в двух пунктах было определено истинное направление движения грунтовых вод. Последнее оказалось приблизительно перпендикулярным к направлению водосборных сооружений. На основании результатов геофизических измерений было рекомендовано удлинить ряд улавливающих колодцев. 4 колодца, заданные в соответствии с рекомендацией, дают 63 % суммарного объема уловленной солянки.

2 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ

2.1.1 Состояние обработки данных сейсморазведки

Миклош Касац, Дьюла Таборски

Обработка данных сейсморазведки в ЭЛГИ основывается на системе СЦС-3, разработанной совместно с Центральной Геологической Экспедицией (ЦГЭ) Министерства Нефтяной Промышленности СССР (Годовой отчет ЭЛГИ за 1983, стр. 193-196). За прошедший период система программ была усовершенствована и расширена.

Система была дополнена программами по миграции, достэкинговой миграции, DMO и программой FK фильтра, в которых применяются специальные процессоры, разработанные в ЭЛГИ. Наряду с подсистемой PGR были созданы и другие подсистемы (рис. 33).

- Подсистема VSP обеспечивает возможность обработки однокомпонентных оффсетных измерений VSP.
- Подсистема PGR была расширена с включением в нее расчета профилей псевдоакустического, пористости и давления.
- Подсистема 3D дает возможность обработки объемной сейсморазведки по правильной сети. Среди прочего, в ней имеются способы объемной миграции, улучшения объемной автоматической статической поправки, определения падения и специального фильтрования временных срезов.
- Подсистема SL предназначена для обработки результатов измерений, выполненных по криволинейным профилям. В ней содержатся описание геометрических условий производства измерений, расчет интерпретационной линии, отбор трасс по общим точкам отсчета в полосах, параллельных интерпретационной линии, определение падения горизонтов и оптимальное суммирование полос.
- Подсистема TS (тотальной сейсморазведки) дает возможность обработки результатов объемной сейсморазведки по

неправильной сети, а также объемной сейсмической обработки профилей, измеренных на заданной площади.

- Подсистема ODPK представляет собой универсальную систему по прослеживанию сейсмических горизонтов и вычерчиванию карт. По данным, полученным при автоматическом прослеживании горизонтов, на сейсмических разрезах, с помощью программы, составляется карта изолиний, которая может быть визуализирована совместно с прочей необходимой информацией.

Программы визуализации (2) составлены для цветного плоттера КОРОЛПРЕСС и для черно-белого и цветного плоттера VERSATEC. Благодаря им стала возможной совместная цветная визуализация сейсмических параметров (амплитуд, частот, фаз) и сейсмических трасс, а также псевдоакустических разрезов и акустических данных по скважинам.

Эксплуатируемый в настоящее время вычислительный центр (рис. 34) работает с конфигурацией, основанной на процессоре IBM 4361 модель 5 (8 мегабайтов), всего 7 гигабайтов периферийной памяти (через несколько контролёров), с узлом с 8 магнитными лентами и с расширенной — локальной и дистанционной — телекоммуникационной системой. Использование перфокарт было отменено полностью: сгруппированные работы могут быть переданы на ЭВМ либо через систему дистанционной обработки, либо на магнитных дисках, используемых вместо перфокарт. На узле с магнитной лентой плотность 6250 bpi является наиболее распространенной.

В качестве операционной системы используется IBM MVS, а в управлении системы дистанционной обработки данных — NCP.

2. 1. 2 Исследование изменений амплитуд, зависящих от расстояния наблюдений

Ернэ Такач

В прошлом году были начаты исследования, направленные на выяснение зависимости сейсмических амплитуд от расстояния наблюдений (*amplitude versus offset — AVO*). Их практическое значение заключается в том, что, путем анализа, можно открыть путь для выводов из сейсмических материалов по насыщенности пластов [OSTANDER 1984]. Отечественная разработка методики направлена на выявление

неглубоко залегающих газонасыщенных песчаниковых пластов и резервуаров горячих вод. Теоретическая основа метода заключается в том, что амплитуды волн, возникающих на сейсмических поверхностях раздела, в общем случае зависят от плотностей пластов, от скоростей волн P и S , а также от угла вхождения волн (от расстояния наблюдений). Соотношение скоростей волн P и S выражается числом Пуассона, значение которого весьма чувствительно к составу пластов. Поэтому, если, по данным измерений, представится возможным определение функции амплитуда — расстояние наблюдений, то по форме кривой можно получить информацию по насыщенности пласта. В ходе проведенных исследований были выполнены модельные расчеты. Амплитуды волн (то-есть коэффициенты отражения и передачи, относящиеся к отдельным типам волн), возникающих на поверхности раздела двух пластов, описывается уравнением Zoeppferit [ČERVENÝ et al. 1971, WATERS 1981].

На *рис. 35*, с помощью матричной функции, для различных разностей акустических импедансов, были рассчитаны изменения коэффициента отражения, в зависимости от угла вхождения θ , для наиболее важных с практической точки зрения, входящей P_1 волны отраженной P_{11} волны. Параметры пластов были заданы в соответствии со значениями, возможными в различных моделях глина-песчаник. На кривых *a* и *b*, при критическом угле, появляется отраженная волна, при этом можно установить, что значения коэффициента отражения могут даже изменить свой знак в пределах интервала углов, встречающихся на практике. Аномалии амплитуд, часто наблюдаемые на сейсмических профилях, частично имеют физическое объяснение (конструктивная интерференция), и частично могут оказаться следствием изменения состава пластов. На относительном псевдоакустическом разрезе, представленном на *рис. 36*, на глубине светлого пятна около 1,4 с, скважиной 2. были пройдены газонасыщенные песчаники, залегающие среди глинистых пластов. Нами предполагается, что аномалия амплитуд вызвана изменением состава пласта.

На *рис. 37* представлены изменения амплитуд на моделях глина-насыщенный водой песчаник (*a*) и глина-насыщенный газом песчаник (*b*), как функция угла вхождения волн. Скорости волн P и плотности были заданы в моделях на основании кривых каротажа скважины 2, а числа Пуассона — по литературным данным. Можно видеть, что форма кривых чувствительна к насыщению пластов. При данной системе наблюдений можно ожидать максимальный угол вхождения около 30 градусов при данной системе записи. Ожидаемая амплитуда по одной из трасс суммарного профиля оценивается по

среднему из функций рис. 37 по интервалу 0–30 градусов. Поскольку по модели глина–газоносный песчаник получаются значительно более высокие значения, нежели по модели глина–водоносный песчаник, то высокоамплитудный отрезок профиля может быть связан с газонасыщенностью.

В будущем предусматривается определение функции амплитуд $A(x)$ по полевым трассам при различных расстояниях наблюдений, отобранных по общим глубинным точкам [MAZOTTI 1990]. Дальнейшей основой для интерпретации зависимости сейсмических амплитуд от расстояния наблюдений (AVO) могут служить т.н. профили атрибутов AVO, способствующих выделению тех отрезков профилей, на которых имеется четкая зависимость от расстояния наблюдений [TSINGAS et al. 1991]

Литературу см. после венгерского текста на стр. 11.

2.1.3 Обработка вертикального сейсмического профилирования (VSP) на персональном компьютере

Имре Мольнар

Для обработки результатов сейсмических измерений и для интерпретации разрезов необходимо знание функций скоростей соответствующей точности. По-настоящему, надежное определение глубин и отсекание кратных отражений возможно лишь с применением измерений VSP. То, что они в практике сейсморазведки все-таки не применяются серийно в качестве попутчика измерений МОВ, обусловлено, помимо отсутствия необходимых скважин, еще и финансовыми затруднениями. Без специальной аппаратуры VSP, предназначенной для проведения подобных измерений, можно было применять лишь многоканальную аппаратуру сейсморазведочных отрядов, что приводило к необоснованному удорожанию измерений. Исходя из этого, в ЭЛГИ в 1988 г. была разработана портативная восьмиканальная аппаратура VSP типа ESS-01-08/VSP [см. Годовой отчет ЭЛГИ за 1988-1989, стр. 352-354]. Дальнейшая проблема заключается в том, что результаты измерений VSP необходимы уже вначале обработки данных МОВ, поэтому на их применяемости сильно отражается скорость обработки.

По таким соображениям, в качестве следующего (наряду с обработкой МОВ, томографии и КМПВ) звена пакета программ для

малоглубинной сейсморазведки, разработанных для компьютеров типа IBM-AT, была составлена программа обработки результатов VSP. Данной программой, имеющей удобное меню, обеспечивается возможность обработки результатов VSP от составления трасс по полевым записям через интерактивного выполнения всех стадий обработки, вплоть до создания конечной суммарной "коридорной" трассы, которая в произвольном масштабе может быть вмонтирована в разрез МОБ.

Основными параметрами обрабатываемых данных VSP являются: максимальное количество трасс — 256, максимальная длина трасс — 2048 отсчетов, максимальная глубина зонда — 3200 м, формат данных — 2 интегерных байта.

В основном меню, наряду с операциями ввода/вывода, а также с выбором и составлением произвольных трасс, предлагаются нижеследующие важнейшие функции (рис. 38):

- корректировка формы сигналов на полевых записях, с использованием сигнала мониторингового сейсмоприемника, для устранения изменений форм сигналов в связи с колебаниями условий возбуждения;
- статическая поправка по взрывпункту с интерактивным обозначением первых вступлений по трассе полувремени;
- расчет произвольно направленных трасс при трехкомпонентных удаленных измерениях на основании компонента амплитуды прямой волны;
- деконволюция импульсов;
- анализ спектра;
- фильтрование частот;
- фильтрование скоростей в диапазоне $f-k$;
- разделение полей нисходящих и восходящих волн фильтрами $f-k$ или медианным (пример приводится на рис. 39);
- составление разреза двойного времени пробега (рис. 40);
- расчет взвешенного суммарного разреза (рис. 41) по полям нисходящих и восходящих волн для точного определения глубин отражений;
- расчет "коридорной" или полной суммарной трассы (рис. 42) по отрезкам трасс, выделенным интерактивным путем (рис. 40).

2. 1. 4 Обработка данных сейсморазведки КМПВ на персональном компьютере

Йозеф Лукачи, Петер Шольц

В прошедшие годы в практике сейсморазведки появилось несколько программ по обработке данных сейсморазведки КМПВ на персональном компьютере. ЭЛГИ выполняется большой объем работ по малоглубинной сейсморазведке, поэтому еще в 1990 г. была разработана программа по обработке данных сейсморазведки КМПВ традиционным способом.

Программа адаптируется к различным системам разноса независимо от характера работ, будь то поправочные измерения или же структурные исследования высокой разрешающей способности. При определенной системе размещения взрывпунктов данные по нескольким разносам могут быть объединены в одну систему. Годографы визуализируются графически. По кривым можно рассчитывать взаимные времена пробега и скорости, а также можно строить разностные или объединенные годографы (рис. 43).

Из различных способов интерпретации был выбран способ плюс-минус или же волнового фронта. Способом волнового фронта, чувствительным к шумам, разрез по глубине составляется лишь при определенных отношениях базы к глубине, зато полученный при этом разрез вполне надежен. Разрез по глубине изображается графически, масштаб визуализации может меняться. По разрезу может быть сделана копия с экрана (рис. 44).

Статическая поправка может быть рассчитана при знании разреза по глубине. Выход функции имеет формат, требуемый при обработке на ЭВМ. В ходе обработки имеется возможность корректировки. При необходимости можно создавать новые модели по уже обработанным разносам с изменением характерных параметров.

Преимуществом по сравнению с обработкой "вручную" является возможность выполнения трудоемких операций по обозначению первых вступлений, построению годографов, а также расчету глубин прямо из программы. Составление модели на основе годографа и интерпретация на основе разреза по-прежнему осуществляется интерпретатором на свою ответственность.

2. 1. 5 Применение моделирования способом конечных элементов

Гергей Децки, Ласло Андьял

Благодаря совместным результатам современной математики и вычислительной техники, моделирование способом конечных элементов все в большей степени может внедриться в ежедневную практику, в том числе, и в анализ инженерно-геологических проблем. Внедрение моделирования способом конечных элементов в сейсморазведку началось в ЭЛГИ несколько лет назад разработкой программы для персонального компьютера. Данный метод был сначала использован в конструировании минивибратора к инженерно-сейсмическим работам.

Впоследствии путем модельных расчетов и измерений на реальных объектах, исследовался резонанс двумерной стены с целью определения, попадают ли собственные частоты мелких строений в диапазон вибросейсмических колебаний [Годовой отчет ЭЛГИ за 1988-1989, стр. 351-352]. В последнее время стали доступными такие пакеты профессиональных программ, с помощью которых можно эффективно выполнять модельные расчеты способом конечных элементов. Приводимые ниже опытные расчеты были выполнены системой COSMOS (Structural Research and Analysis Corp. Santa Monica, USA).

Модель может содержать до 8000 элементов с 5000 степенями свободы. Основными модулями программы COSMOS являются модули графической подготовки, далее, статических, динамических, кинетических и поточных расчетов, наконец, графической визуализации. Пользователь общается с программой через удобный меню. В распоряжении имеются встроенные таблицы материалов, которые могут быть дополнены, а также широкий ассортимент возможных конечных элементов. Визуализация результатов модельных расчетов возможна на уровне, привычном для графических систем типа CAD.

Система размерностей выбирается пользователем. При визуализации результатов размерность не обозначена. В моделях авторами использовалась система SI, в соответствии с чем смещение измерялось в м, сила — в Н, давление и напряжение — в Н/м², а частота — в гц.

Прилагаемые рисунки представляют собой фотографические снимки с экрана системы COSMOS.

На верхней рамке видны параметры основного меню или актуального файла данных, на правой рамке — пиктограммы графических функций на выбор, а внизу — выполняемая команда. Наряду

с моделью программой указываются действительные значения изображаемой физической величины, соответствующие отдельным цветам шкалы.

Исследование устойчивости зданий к землетрясениям

Актуальность темы обусловлена тем фактом, что стало необходимым более тщательно анализировать поведение крупных сооружений (атомных и гидроэлектростанций, предприятий, работающих на опасных материалах, хранилища отходов) при землетрясениях. В первом приближении ищется ответ на простой вопрос о том, можно ли регистрировать собственные частоты крупного здания имеющейся в наличии аппаратурой сейсморазведки. В качестве объекта для моделирования было выбрано семиэтажное здание ЭЛГИ.

Предварительному геометрическому определению тела, визуализуемого в данном случае т. н. проволочной моделью здания (рис. 45), можно приписать генеральные физические параметры (плотность, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, ускорение силы тяжести и др.).

Полное определение модели должно включать также и пограничные условия. Вслед за этим для статической модели могут быть рассчитаны смещения, силы и напряжения внутри тела, а для динамической модели — частоты, соответствующие собственным частотам системы, а также относительные значения перечисленных выше величин в различных точках модели во время колебаний.

Смещения, соответствующие различным модальным колебательным состояниям здания, визуализуются программой в увеличиваемом (выбираемом) масштабе (рис. 46). Можно видеть, что частота основной моды попадает на нижнюю границу диапазона частот традиционной сейсморазведочной аппаратуры.

Непосредственная запись в случае более крупного сооружения может быть осуществлена лишь такой специальной аппаратурой, диапазоном переноса которой перекрывается также и область более низких (< 1 гц) частот.

Моделирование напряжений в окружении горных выработок

Горными выработками изменяется распределение напряжений в горной массе. Накопление напряжений и внезапная их разрядка может

привести к неожиданным обвалам и сотрясениям в горных выработках. Для выявления аномальных напряженных состояний в ЭЛГИ имеются зарекомендовавшие себя на практике, геофизические методы, характеристика которых была дана ранее [KÖRMENDI et al. 1986].

Усовершенствованием прогноза полей напряжений, связанных с горными выработками, можно увеличить безопасность ведения горных работ.

Ниже приводится простой статический пример горной выработки, где на жесткой подошве залегает 5 м угля, а на нем — 20 м известняка. На верхней кромке блока размером 200х200 м действует литостатическое давление, соответствующее весу столба осадочных пород с обычными плотностями высотой 175 м. Участок угольной залежи, заключенный между двумя параллельными выработками, имеющими ширину 5 м, и находящимися в 80 м друг от друга, отработан наполовину. Перекрывающая толща над отработанным участком опущена, и наряду с деформацией горных пород, в модели возникает аномальное поле напряжений.

Компоненты результирующего состояния могут быть визуализованы с помощью программы. На *рис. 47* представлены вертикальные смещения, возникающие в модели горного пространства. Темнокоричневым цветом (минимум смещений) проявляется угольный пласт, а светлыми окрасками обозначены зоны различных смещений в перекрывающих известняках. На модели можно проверить, возникнет ли в данной ситуации опасная зона напряжений.

Если, к примеру, увеличить жесткость перекрывающих известняков, то можно создать, общеизвестную в горном деле опасную ситуацию, в которой напряжения, приводящие к обрушению, возникнут лишь при достаточной длине свободного провисания кровли. Наряду с размерами горной массы, создающей опасность обрушения, по модели можно оценить также и скалывающие напряжения, возросшие в пределах угольного пласта вблизи от очистного забоя.

На *рис. 48* указано нормальное напряжение скалывания μ , возникающее в угольной залежи при удалении кровли. Можно видеть, что аномальные напряжения, отмечаемые голубыми цветами, концентрируются вокруг забоя.

Впрочем, поведение данной модели может быть рассчитано также и традиционными средствами, простым путем. Настоящие преимущества моделирования, естественно, проявятся при более сложных геометрических условиях.

Одним из наиболее эффективных методов непосредственного изучения геологических структур является сейсморазведка. При оценке реальности и надежности структурной картины, полученной путем интерпретации данных сейсморазведки, необходимо рассматривать геологическую структуру не как застывшую картину, а как современное состояние динамического процесса.

Из-за сложности тектонических движений в анализе явлений и здесь эффективно может применяться способ моделирования с конечными элементами.

Состояние тектонических элементов контролируется несколькими компонентами совместно. В случае представленных здесь двумерных тел отдельно рассматривались эффекты от вертикальных сил, действующих вдоль сброса, и от горизонтальных сил, обусловленных плитно-тектоническими движениями, причем, в каждом из случаев была принята во внимание также и сила тяготения.

На *рис. 49* приводится проволочная модель повсеместно используемого тела из шести блоков, в которой в соответствии с пограничными условиями правое ребро закреплено в горизонтальном, а нижнее — в обоих направлениях. Ячейка квадратной сети имеет размер 1 км.

Различные варианты получены путем дополнения пограничных условий и изменения вещественных параметров блоков. В модели (*рис. 50*) одна лишь сила тяготения действует на тело, блок 3 которого на порядок мягче остальных. Можно заметить, что искажением вследствие существенного уплотнения блока 3, вызываются локальные аномалии в поле скалывающих напряжений $\tau(x,z)$. Эти области являются наиболее вероятными зонами появления изогнутых, листрических сбросов.

На *рис. 51* представлена модель тела с вертикальным сбросом с амплитудой в 1 км в подошве. По локальной (темной) аномалии напряжений в средней части поднятого, блока можно судить о положении, и направлении вторичных сбросов, сопровождающих основной.

На *рис. 52* представлен эффект от горизонтально действующей силы. Блоки 2, 3 и 6 модели имеют среднюю, остальные — высокую жесткость. По оси x вдоль левого ребра тела действует равномерное усилие, равное по величине литостатическому давлению на опору и направленное вглубь тела.

Горизонталями отмечается степень горизонтальных смещений. Характерной особенностью подобных систем являются неожиданные

моменты их поведения: в данном случае практически весь блок 5 смещается в направлении, противоположном действующей внешней силе, что выражается в окрасках блока 5, обозначающих отрицательные смещения по оси x .

Приведенные простые примеры призваны проиллюстрировать применимость указанной техники в структурной геологии. Возможности программы далеко не исчерпываются моделями в приведенных примерах. Для более полного статического анализа, во всех случаях следовало бы провести комплексное изучение всех компонент смещения, а также скальвающих и нормальных напряжений.

Планируется создание трехмерных моделей в первую очередь для анализа сдвиговой тектоники. С точки зрения прогноза частоты и энергии землетрясений, дальнейшей областью исследований может оказаться моделирование полей напряжений, аккумулирующих и иногда разряжающих упругие энергии вдоль современных активных зон.

Поскольку универсальность данного способа обеспечивает возможность моделирования и иных физических полей, он может сыграть определенную роль также и в решении проблем, связанных с утилизацией геотермической энергии, все настойчивее напрашивающейся на повестку дня.

Литературу см. после венгерского текста на стр. 92.

2. 1. 6 Скоростная томография по продольным и поперечным волнам

Ласло Херман, Ласло Дианишка, Балинт Янкович (Баконьское Бокситовое Горно-рудное Предприятие), Жольт Пронаи, Эндре Тёрёш

Известно, что томография с использованием времени пробега поперечных (S) волн (в дальнейшем: томография P/S) для увеличения информативности по сравнению со скоростной томографией по продольным (P) волнам, уже применяемой в практике серийных измерений, создает дополнительные требования, не всегда легко выполняемые с точки зрения техники измерений: необходимо стремиться к усиленному возбуждению поперечных волн и к многокомпонентной системе наблюдений.

На бокситовом руднике Чаблуста (Баконьское Бокситовое Горно-рудное Предприятие) имеется опасность прорыва вод из перекрывающих известняков (верхний мел). Обводненность связана с

зонами повышенной трещиноватости, которые могут быть выявлены томографией P/S , отмечающей упругие свойства среды.

Поэтому по заказу от предприятия были выполнены опытные измерения по выявлению зон повышенной трещиноватости, благодаря чему стало возможным испытание двухкомпонентных зондов, первоначально разработанных для измерений пластовых волн.

Измерения: Томографическое просвечивание было выполнено между субгоризонтальной дневной поверхностью и прямолинейной горизонтальной выработкой на глубине около 100 м. Двухкомпонентные датчики были помещены в горизонтальных шпурах глубиной 1 м, пробуренных в стенке выработки на расстоянии 5 м друг от друга.

Наблюдения производились одновременно двумя цифровыми инженерно-сейсмическими станциями типа ЭЛГИ ESS-24М. Была сделана попытка возбудить волны SH ударами молота по концам горизонтальной доски, размещенной на почве горизонтально и перпендикулярно к плоскости измерений, но интерпретируемых вступлений не было получено. Поэтому измерения были проведены с применением забитых зарядов по 150 г.

Для определения значений параметров распределения скоростей была выполнена малоглубинная сейсморазведка МПВ как на поверхности, так и в выработке.

Обработка данных: Карты скоростей были получены путем расчетов по первым вступлениям, обозначенным на двухкомпонентных записях (2136 данных P и 1704 данных S), алгоритмом искривленных лучевых путей (SIRT: Simultaneous Iterative Reconstruction Technique) на персональном компьютере. Исходные — однородные по горизонтали — поля скоростей были сконструированы с использованием данных упомянутой малоглубинной сейсморазведки МПВ.

Ячейка сети скоростной матрицы была принята за 5 м (1375 матричных элементов), а обработка была осуществлена в 5 итерационных шагах. По скоростным матрицам, с применением известных уравнений, были рассчитаны матрицы коэффициентов Пуассона и модулей Юнга, принимая, что плотность однородна и равна $2,7 \text{ т/м}^3$.

Результаты: Структуры распределения скоростей, рассчитанных независимо (рис. 53), сходятся с достаточной надежностью. По полю скоростей, увеличивающихся с глубиной, с обеих сторон высокоскоростной области в средней части выработки отмечается снижение скоростей; ограничение этих зон по вертикали размазано в результате преобладания вертикальных среди лучевых путей.

Причина "аномалий" на краях карты S заключается в том, что здесь, из-за низкого отношения сигнал/шум, не удавалось отождествить вступления поперечных волн.

Основная структура четко прослеживается на картах упругих параметров (рис. 54), где однозначно могут быть выделены "рыхлые", водоопасные зоны (высокие коэффициенты Пуассона, низкие модули Юнга).

Более тесная, возможна, численная связь результатов томографии P/S конкретным состоянием пород, может быть установлена в будущем только на основе дополнительной информации.

2.1.7 Разработка зондов для сейсмического просвечивания между мало-глубинными скважинами

Ласло Герман, Жолт Пронаи, Ласло Сабадош, Шандор Такач, Эндре Тёрёш, Ласло Зеке

Практическая польза от сейсмического просвечивания между мало-глубинными скважинами очевидна. Можно добиться более высокой разрешающей способности, а томографические карты скоростей и абсорбции представляют новую информацию по сравнению с наземной сейсморазведкой.

Единственно возможный способ определения динамических петрофизических параметров в горной массе также основывается на межскважинных измерениях скоростей продольных и поперечных волн. Исследования обосновываются также и тем, что мало-глубинные или инженерно-геофизические скважины до сих пор терялись для приобретения сейсмической информации как раз из-за отсутствия необходимой аппаратуры и методики.

Для начала была поставлена задача приобретения сейсмической информации из пространств между скважинами глубиной 20–30 м (и находящихся друг от друга примерно на том же расстоянии).

Характерным для таких скважин является их небольшой диаметр, а также то, что они сухие, могут обвалиться и раздуться. Скважины, пробуренные в осадочных породах, делаются доступными для сейсмических измерений путем их обсадки тонкостенными полихлорвиниловыми трубками.

Кольцевое пространство между обсадными трубами и стенками скважин, в интересах хорошего механического контакта, необходимо зацементировать выше уровня грунтовых вод.

В интересах того же хорошего механического контакта, передаточные и приемные зонды прижимаются к стенкам. Источник сейсмических волн должен не разрушать скважины, обеспечить быструю воспроизводимость и высокие частоты.

В отношении приемников, необходимо создать цепочку зондов из нескольких сейсмоприемников, ибо при наличии нескольких трасс (лучевых путей), на каждое возбуждение колебаний можно уменьшить количество возбуждений.

Приемным зондом может служить более дешевый традиционный сейсмоприемник или же более чувствительный к ориентировке пьезоэлектрический датчик. В подавляющем большинстве случаев достаточно применение аппаратуры по накоплению сейсмических данных, разработанной для инженерно-геофизических целей.

Для производства измерений в малоглубинных скважинах разработаны генератор волн (спаркер) и две цепочки зондов.

Высоковольтный генератор типа SpD1 (рис. 55) работает от аккумулятора на 24 в. При включении напряжение на конденсаторе 500 мкф и 3000 в возрастает до тех пор, пока не дойдет до заданного уровня.

Выходом прибора является искровой зонд, через который в электропроводящей среде разряжается энергия конденсатора. Зонд диаметром 43 мм — сменный, длина подсоединяющего кабеля — 30 м. Сейсмическая энергия источника примерно соответствует ручному удару молотком, а преобладающая частота — около 400 гц.

Зонд типа СН-3К (рис. 56) сконструирован для выполнения сейсмических измерений в полихлорвиниловой трубке диаметром 50 мм или в устойчивой скважине сходного диаметра.

Цепочка зондов состоит из 5 звеньев, каждое измеряет 3 компонента, с расстоянием между звеньями в 0,5 м. Датчиками служат якоря сейсмоприемников с собственной частотой 40 гц.

Зонды могут быть прижаты к стенкам пневматическим способом, и в открытом состоянии их диаметр составляет 43 мм.

В зондах типа PH1 (рис. 57) имеются 11 гидрофонных датчиков, плавающих в приборном масле. Они пригодны для выполнения однокомпонентных записей в скважинах, наполненных жидкостью. Расстояние между датчиками — 0,5 м, стенки зонда — из гибкой пластмассовой трубки, внешний диаметр — 43 мм.

Запись, представленная на *рис. 58*, получена в ходе серии измерений с целью просвечивания. В качестве источника использовался охарактеризованный выше спаркер, а датчика — зонд РН1.

На постоянной глубине 20 м спаркером были выполнены 10 последовательных возбуждений. В периоды между возбуждениями в наполненной водой скважине, находящейся на расстоянии примерно 25 м от источника, приемный зонд перемещался таким расчетом, образом получить непрерывный профиль. Запись была выполнена прибором ESS 01-24М.

На основании сейсмограмм аппаратура признается годной для малоглубинного межскважинного просвечивания. В то же время при интерпретации и томографической обработке с целью получения полной волновой картины возникает ряд новых проблем, которые необходимо решить в будущем.

2.1.8 Прибор "GTS-150" для проверки параметров сейсмоприемников

Миклош Кендьел, Ференц Кутвелдьи

Прибор "GTS-150" разработан для скоростного определения и проверки параметров сейсмоприемников без вибрационного стола (*рис. 59*). Прибор предназначен для измерения сопротивления на постоянном токе, импеданса, собственной частоты, затухания, искажения, чувствительности и изоляционного сопротивления одиночных и групповых сейсмоприемников, чувствительных к скоростям, на базах полевых партий или в центральных лабораториях по ремонту аппаратуры.

Измеренные данные могут быть визуализированы на семиразрядных дисплеях но также могут быть составлены и пронумерованные акты на вмонтированном принтере. Установкой, управляемой микропроцессорами, параметры измеряются целиком автоматически. Операциями (функциями) являются следующие:

Измерение сопротивления на постоянном токе по принципу сравнения.

Диапазоны измерений меняются автоматически. Разрешающая способность измерений — 0,1 ом или 1 ом.

Измерение сопротивления АС (импеданса) также по принципу сравнения, подобно измерению сопротивления DC.

Измерения выполняются переменным током, отрегулированным к собственной частоте сейсмоприемника, таким образом, что отсчет

берется на вершине 90 градусов синусоидного сигнала. Смена диапазонов и в этом случае выполняется автоматически. Разрешающая способность — 0,1 ом или 1 ом.

Измерение собственной частоты. Собственная частота сейсмоприемника определяется синусным генератором, управляемым способом последовательных приближений. Генератор пригоден для создания опорного сигнала шагами по 0,01 гц в диапазоне 3–150 гц. Измерения основаны на исследовании фазовых соотношений сейсмоприемника (рис. 60).

Сигналы возбуждения и ответный от сейсмоприемника сигнал вводятся в цепь для сопоставления фаз, выходом которой управляется регистр аппроксимирующий. Частота возбуждения изменяется до тех пор, пока все 14 бит аналогово-цифрового преобразователя не настроены в соответствии с собственной частотой сейсмоприемника.

Измерение затухания. Затухание определяется по следующей формуле:

$$B_t = \frac{\ln A_1/A_2}{\sqrt{\pi^2 + (\ln A_1/A_2)^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

где A_1 и A_2 — амплитуды, следующие друг за другом (рис. 61). Для определения значений амплитуд A_1 и A_2 сейсмоприемник возбуждается на собственной частоте, затем после отключения возбуждения измеряется величина амплитуды A_1 .

Уровень усиления регулируется до тех пор, пока он не станет равным единице амплитуды A_1 . Вслед за тем измеряется величина амплитуды A_2 . По таблице, заданной в PROM-е, по различным значениям A_2 , соответствующим единице A_1 , непосредственно определяется актуальное значение затухания B_t .

Измерение искажения. Искажение определяется по общеизвестной формуле для малых (<10%) искажений:

$$K_2 = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} \cdot 100 \quad [\%]$$

где U_0 — амплитуда основной гармоники, а $U_1 \dots U_n$ — амплитуды высших гармоник. По ответному сигналу сейсмоприемника и опорному сигналу цифрового синусного генератора с чрезвычайно низким искажением создается напряжение отклонения. Это напряжение усиливается и определяется его значение. После соответствующего взвешивания комбинацией бит на аналогово-цифровом выходе отражается значение искажения K_2 .

Определение чувствительности. Чувствительность определяется по параметрам, уже измеренным или доступным по заводским каталогам. Расчет чувствительности производится по формуле (приводимой, например, в SH-100 Service Manual, Sensor Nederland, 1988) :

$$G = \sqrt{2\pi \cdot \frac{f_0 m A_1}{I}} \exp \left[\frac{\arctg(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{2\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right]$$

где A_1 - амплитуда, I - ток, B_t - затухание, m - масса, f_0 - резонансная частота.

Эта формула может быть приведена к форме

$$G = \sqrt{\frac{a_0 f_0 n Z_0 m}{a_1}} y(B)$$

где a_0 и a_1 - значения опорного усиления и усиления, установленного для приведения амплитуд A_1 при измерении затухания, f_0 - резонансная частота, n - количество сейсмоприемников при выполнении измерений (в случае групповых сейсмоприемников), Z_0 - импеданс сейсмоприемника, m - вес качающейся массы и

$$y(B) = 2\pi \exp \left[\frac{\arctg(\sqrt{1 - B_t^2}/B_t)}{\sqrt{1 - B_t^2}/B_t} \right]$$

Значения $y(B)$ содержатся в таблице n и m заданной в PROM. Значения должны быть заданы пользователем.

Сопротивление изоляции между катушкой и прочими узлами сейсмоприемника измеряется на постоянном токе способом деления напряжений.

Настройка измерительного напряжения. Сейсмоприемник эксплуатируется, то-есть испытывается пользователем в диапазоне сигналов соответствующих полевым условиям. Полный диапазон значительно шире, нежели диапазон эксплуатации сейсмоприемников, поэтому настройка, возможно, окажется удачной лишь после нескольких попыток. Имеется возможность автоматической настройки измерительного напряжения. При этом, измерения выполняются при максимально возможной нагрузке на сейсмоприемник, чем - наряду с улучшением отношения сигнал/шум - обеспечивается и увеличение точности измерений.

Технические параметры прибора GTS-15 по проверке сейсмоприемников

Способ измерений	Диапазон	Разрешение	Точность
Сопротивление—DC	20-16000 ом	1 ом	0,5 %
Сопротивление— AC	20-16000 ом	1 ом	0,5 %
Собств. частота	3-150 гц	0,01 гц	0,1 %
Затухание	0-87 %	0,5 %	0,5 %
Искажение	0-10 %	0,01 %	0,1 %
Чувствительность	0-1000 в/м/с	0,1 в/м/с	1 %
Изоляция	0-15,5 мегом	0,1 мегом	5 %
Время измерений	5-20 с (в зависимости от частоты)		
Питание	220 в/50 вт, 50 гц		
Вес	10 кг		
Габариты	50x18x40 см		

2. 2. 1 Разработка аппаратуры для инженерно-геофизического зондирования

Имре Фейеш, Ласло Дьенге, Янош Штиккел

Разработка центрального узла

Метод инженерно-геофизического зондирования (ИГЗ) в последние годы внедряется все более широко, в первую очередь, в связи с ростом количества геологических проблем в области охраны окружающей среды. О результатах соответствующих измерений систематически докладывалось в Годовых отчетах ЭЛГИ. Ниже дается обзор работ по усовершенствованию аппаратуры для инженерно-геофизического зондирования. Задача заключалась в увеличении производительности и количества дополнительных услуг, а также замены человеческого труда машинным в возможно большей степени.

Расширение возможности покупок за рубежом способствовало адаптации узлов, разработанных зарубежными фирмами на современном уровне.

Сконструированный нами *центральный измерительный и обрабатывающий узел* обеспечивает возможность управления всеми существующими датчиками (сигнала глубин, давления и радиоактивности) и приема их сигналов. Блок-схема узла приводится на *рис.62*. Данные хранятся в памяти узла на магнитном диске и выводятся на экран уже в процессе измерений. С помощью введенных заранее данных эталонировок и системы данных по геологическим образованиям уже на месте производства измерений может быть выполнена обработка данных: расчленение изучаемого интервала на горизонты, расчет их параметров и их определение.

Поскольку узел снабжен печатающим устройством, приспособленным к полевым условиям, результаты измерений, то есть кривые параметров и стратиграфические колонки в табличной форме, если это необходимо и возможно по полевым условиям, могут быть запечатлены в постоянной форме. Узел представляет собой накопитель данных (рис. 63), построенный на базе компьютера типа IBM-XT марки HALIKAN и формы лэптоп. Прием сигналов от зондов обеспечивается дополнительными схемами, монтированными на бусе данных. Устойчивость в полевых условиях была повышена путем дополнительного монтажа виртуального дискового узла RAM/ROM.

На блок-схеме, помимо основных узлов, представлены также и дополнительные узлы, которые можно подсоединить к системе и которые служат для регистрации и передачи данных измерений.

Наземной программой по управлению измерениями с момента, начала работы и до вывода зонда на поверхность, накапливаются данные измерений, оказывается помощь операторам и ведется запись данных в память. В ходе измерений можно на экране следить за положением зонда и видеть результаты, поступающие по всем каналам.

Программа по составлению разрезов служит для накопления данных по каждому отдельному пункту, и визуализации данных измерений и расчетов в виде графиков. Визуализация в настоящее время осуществляется на плоттере, но подготавливается вывод данных на цветные и черно-белые принтеры. Естественно, еще до составления файла визуализации имеется возможность для контроля на экране.

Усовершенствование зонда и техники

Как известно, при инженерно-геофизическом зондировании детекторы вводятся в почву гидравлическим оборудованием путем вдавливания измерительного снаряда без разрушения. Датчики помещены либо в измерительной головке на нижнем конце снаряда, либо в зондах, перемещающихся внутри снаряда после окончания проходки.

Глубина, достигаемая в ходе исследований, помимо местных геологических условий, сильно зависит от максимального вдавливающего усилия гидравлического оборудования и от, противоположно направленного, усилия якоря. При надлежащем выборе геометрических размеров рабочих цилиндров (при одном и том же рабочем давлении масла) можно создать виды аппаратуры с различными мощностями. В ЭЛГИ имеются блоки вдавливания с

максимальными усилиями от 60 до 200 kN, которые — в зависимости от их типа — прикрепляются к почве одним якорем или двумя, четырьмя или восемью якорями. В некоторых случаях к противодействующему усилию добавляется и вес транспортного средства.

На точку измерений оборудование — в зависимости от его веса и типа — доставляется на легковом вездеходе, на прицепе или же на самоходе, транспортируемом на трейлере. Данные по выпускаемым в настоящее время видам оборудования сведены в таблицу.

Оборудование Тип	Макс. вдавл. усилие Макс. вытяг. усилие	Масса (кг)		Диаметр Снаряд	кол. якорей
		нетто	брутто		
Портативное (а)	60/75 kN	230	230	33 мм	2
Прицепное	160/120 kN	550	1300	43 мм	4
Тракторное (b)	180/210 kN	310	2600	43 мм	2
Гусеничное (с)	80/110 kN	1700	1700	33, 43, 53	1 ... 2

За истекший период:

- (а) выпущен наилегчайший тип оборудования с двумя якорями, доступный перевозу в легковой машине;
- (b) выпущено оборудование, монтированное на тракторе Massey-Ferguson (рис. 64) по заказу Seismische Feld Services GmbH (Ватлинген, Германия);
- (с) приобретена гусеничная самоходная буровая установка типа Полгидриль (Polhydrill) производства фирмы Bogros AB (Сольна, Швеция), в которой в режиме ИГЗ якорь и вес машины используются в качестве противовеса (рис. 65). Последние варианты работают со снарядами 43 мм, так что они пригодны для регистрации всей гаммы параметров: сопротивления на острие, суммированного давления, естественной гамма активности, объемного веса (гамма-гамма) и нейтронной влажности.

В качестве дополнительных услуг имеется возможность отбора проб как почв, так и вод по определенным горизонтам, а также определения фактора k путем поглощения воды. В течении года будет завершено создание непрерывного пробоотборщика по почвам. При его применении отпадает необходимость подъема и спуска всего снаряда, поскольку вверх и вниз — внутри снаряда — двигаются лишь капсула с пробой и устройство для ее закрепления.

Обработка данных измерений производится на персональном компьютере. В процесс обработки, охарактеризованному ранее [Годовой отчет ЭЛГИ за 1985, стр. 276–280], введены лишь такие изменения, которые оказались целесообразными в связи с появлением более интеллигентных компьютеров.

Так, например, стали возможными изменения системы исходных данных для определения горизонтов, а также создание и применение региональных систем исходных данных, в которых учитываются скальные геологические особенности района работ. Для этих целей, по каждому району, нужно всего несколько скважин с известным расположением и разрезом. Опыт показывает, что статистическая обработка 30–50 пог. м параметрических измерений (зондирования в непосредственной близости от скважины) уже позволяет выделение нового блока исходных данных, который затем может быть вызван по программе.

Составлена программа по вычерчиванию параметрических разрезов, с которой, по данным измерений, хранимых на диске, в желаемом горизонтальном и вертикальном масштабах по заданным координатам x и z (положение и высотная отметка) составляется цветной рисунок, на котором три важнейших параметра (сопротивление на острие, естественная гамма-активность и объемный вес) представлены в виде разноцветных кривых (рис.28). Благодаря таким рисункам значительно облегчается прослеживание тех или иных горизонтов по формам сигналов.

2. 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПРОМЫСЛОВОЙ ГЕОФИЗИКИ

2. 3. 1 Метрологическая база ЭЛГИ по каротажу

Ласло Андраши, Йожеф Бурански, Роберт Дорко, Имре Халмош, Пал Лендваи, Аттила Надь

Метрологическая база института по каротажу (КМВ) была создана благодаря общенациональной поддержке и в результате двадцатилетней работы. Она состоит из коллекции приборов и моделей, позволяющих эталонировать и проверять каротажные зонды для поисков и разведки нефти и газа, твердых полезных ископаемых и подземных вод.

Для *эталонировки зондов радиоактивного (гамма-гамма и нейтрон-нейтронного)* каротажа имеются в распоряжении блоки горных пород: известняка, песчаника, доломита и углей. Модели эти могут рассматриваться в качестве бесконечных, с точки зрения применяемых зондов. Физические параметры моделей (плотность, пористость, индекс фотоэлектрической абсорбции, протяженность трассы торможения) установлены на основе анализов, выполненных в различных петрофизических лабораториях.

Блоки горных пород (модели геологических слоев в масштабе 1:1) насыщены водой и загружены в шурфы. В разрезах, состоящих из находящихся друг над другом блоков, равным образом могут быть выполнены профильные и точечные измерения. Разрез известняков дополнен модельными разрезами доломитов и песчаников, необходимыми для определения матричной поправки. Эффект от изменения диаметра скважин можно изучать для диаметров 59, 86, 150, 214 и 300 мм. В повседневной практике эти модели применяются при эталонировке измерений пористости и плотности. Для измерений плотности ряд моделей дополнен блоками из алюминия, угля и бетона.

Таким образом исследуемый диапазон пористости составляет 0–39 %, а плотности — 1–3,3 т/м³.

Для исследования зондов по *спектральным измерениям естественной гамма активности* имеются модели, построенные из калий-, уран- и торийсодержащих песков (Годовой отчет ЭЛГИ за 1980, стр. 243–245). Концентрациями радиоактивных элементов охвачены диапазоны, соответствующие осадочным горным породам: 1,0–13,8 % калия, 55–160 г/т урана, 44–234 г/т тория. Серия моделей состоит из 12 слоев мощностью по 1,2 м, размещенных по три друг на друге в четырех емкостях диаметром 0,8 м; диаметр скважин — 86 мм, обсадка — пластмассовыми трубами. Можно моделировать как сухие, так и заполненные водой скважины. Индивидуальные слои являются сухими и отделены друг от друга прослоями искусственных смол для предотвращения миграции продуктов разложения.

Исследование *индукционных зондов по измерению электропроводности* производится в крупных моделях с соляной водой. Имеется возможность моделирования радиальных неоднородностей околоскважинного пространства. Здесь же производится эталонировка микрозондов и зондов по измерению электросопротивления бурового раствора.

Проверка *акустических зондов* осуществляется на аппаратуре УПАК-1, предназначенной для эталонировки зондов диаметром менее 110 мм и длиной не более 2800 мм. С помощью собственного приемно-передаточного узла УПАК, отдельно могут обследоваться приемные и передаточные узлы зондов, в то время как, рассматриваемая в качестве эталонной, пластмассовая обсадная труба служит для эталонировки зондов. Значения скоростей (времен пробега), а также затухания, известны с заданной точностью.

С помощью установки ТОПАЗ-2 может быть выполнена тестировка *термо- и баро-устойчивости* зондов, а также эталонировка измерений температуры и давления до пределов 150 °С и 60 мпа. Полезный (внутренний) диаметр барокамеры составляет 94 мм, а длина — 350 мм. Точность измерений давления при работе с весовым цилиндром составляет ±0,05 %, а при работе с эталонным измерителем давления — ±0,25 %. Максимальные колебания температуры в камере составляют ±1,5 °С.

Эталонировка и определение порога реакции зондов по измерению потоков могут быть выполнены установкой, введенной в эксплуатацию в конце 1990 г. Зонды могут испытываться в вертикальных бессварочных обсадных трубах трех различных диаметров (94,5, 155 и 192 мм). Основными узлами установки являются емкость-накопитель, система труб, распределитель потока, рабочий насос и эталонные измерители потока.

Насосом обеспечивается равномерный дебит 550 л/мин, причем, дебит в измерительных трубках, может быть непрерывно регулирован с помощью системы соответствующих труб и кранов.

Два эталонных измерительных прибора вмонтированы в самостоятельные измерительные ветки, один из них предназначен для измерений до предельного значения объемной скорости в 10 м³/час, а другой – выше этого предела, при точности $\pm 1,5$ %. Отсчет результатов измерений может быть сделан по управляющей панели в единицах л/мин или м³/час. Измерения малых дебитов производятся специальной кубической емкостью при измерение времени.

С помощью указанных выше установок и моделей можно проверять стабильность зондов и наземной аппаратуры, определять ответные функции индивидуальных зондов и изучать эффект от ствопа скважины. Для индивидуальных зондов и определенных типов зондов могут быть заданы функции и программы интерпретации. Установки по профилированию могут быть проэталонированы с математической точностью.

Такие эталонировочные работы на базе подкрепляются также и математическим моделированием (напр. способом Монте Карло). Теоретические расчеты выполняются с разбивкой на пять областей: горного массива, скважины и бурового раствора, датчика излучения зонда, экранировки и детектора. Расчеты могут быть выполнены как функция спектра источника, параметров зонда и геометрического положения зонда.

В качестве принадлежности к каротажным зондам, на основании результатов эталонировочных измерений, разработаны эталоны для проверки и эталонировки в полевых условиях, с помощью которых можно проверять зонды до и после выполнения измерений, а при необходимости, заново эталонировать их.

2. 3. 2. Разработки в области измерения угла наклона пластов и прибора для его измерений

Флориан Хорват, Йожефне Ковач, Акош Ковач

Трехрычажный зонд для измерения наклона был разработан в ЭЛГИ для измерений в неглубоких скважинах малого диаметра. Целью таких измерений является выявление структурных элементов (разломы,

несогласное залегание) и исследование условий наложения тел полезных ископаемых (угля, руды) путем измерений азимута и угла наклона слоев. Измерения также помогают определить геометрические особенности скважины и ее наклон.

Измерительная система показана на рис.67. Зонд состоит из двух частей. В нижней части, с диаметром 60 мм, производится фокусированное измерение микросопротивления а также кавернометрия, а в верхней части с диаметром 43 мм, производится определение ориентации скважины. Последняя также может работать и отдельно, как инклинометр, и позволяет провести непрерывное измерение наклона.

Поверхностный блок обеспечивает питание зонда, прием измеренных сигналов и передачу их в компьютер, вычисление азимута и угла наклона, формирование аналогового сигнала для регистрации. Для регистрации измеренных сигналов также можно подключить и печатающее устройство.

Машинная обработка зарегистрированных в цифровом виде сигналов позволяет определить направление наклона пластов уже по измерениям в единственной скважине. Программы интерпретации работают на ЭВМ типа IBM 4361. Для определения действительных величин азимута и угла наклона пластов среди известных по литературе способов выбран способ, основанный на корреляционной технике.

Способ основан на принципиальном совпадении — пренебрегая глубинные сдвиги — формы кривых микросопротивления, измеренных на трех рычагах, т.е. на корреляции между измерениями, выполненными по параллельным линиям. Для расчетов используется нормированная корреляционная связь между величинами:

$$C(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{WL} a_i b_{i-\tau}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{WL} a_i^2 \sum_{i=1}^{WL} b_{i-\tau}^2}} ; \quad -\frac{SL}{2} \leq \tau \leq +\frac{SL}{2}$$

где a_i, b_i — точки двух кривых, WL — корреляционный интервал, SL — длина поиска, $C(\tau)$ — коэффициент корреляции при данном сдвиге. На одной из кривых выделим некоторый корреляционный интервал (WL). и этот интервал отыскивается на определенном интервале другой кривой.

Для этого корреляционный интервал увеличивается в обе стороны на длину поиска (рис.68.). Длина поиска определяется по диаметру скважины и по ожидаемому максимальному наклону. Результаты изображаются в виде коррелограммы.

Характеристику сходимости кривых можно получить и иными способами. Одним из самых простых является расчет абсолютного значения расхождений

$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} |a_i - b_{i-\tau}|}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)}$$

Для определения сходимости также можно применять минимализацию квадратной суммы расхождений

$$C(\tau) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{WL} (a_i - b_{i-\tau})^2}{\sum_{i=1}^{WL} (|a_i| + |b_{i-\tau}|)^2}$$

При обработке материалов применялся первый способ, основанный на нормированной взаимокорреляционной функции, несмотря на большие потребности по сравнению с другими способами машинного времени. Достоинство этого способа заключается в защите от случайных и, связанных с разным усилением кривых, помех.

Следующим шагом обработки является непосредственный расчет наклона. При этом в системе координат скважины определяется вектор, перпендикулярный к кажущейся плоскости залегания пластов, а затем этот вектор трансформируется в поверхностную систему координат. По слагающим трансформированного вектора определяются действительные значения азимута и угла падения пластов.

Результаты измерений представляют трехмерную систему данных, что наглядно следует из необходимости изображения простирания и наклона пластов в пространстве. Для изображения результатов имеются несколько способов.

Один из них показан на рис.69. Здесь условия залегания пласта иллюстрируются векторами. Положение начальной точки вектора по горизонтальной шкале характеризует величину наклона в данной глубине, а направление вектора показывает направление наклона.

На рисунке слева-направо изображены диаметр скважины и параметр, отражающий качество корреляции, использованной при расчете наклона. Для интервалов с длиной 10 м рассчитаны частота

азимутов (розовая диаграмма) и распределение частоты углов. На правом крае рисунки изображена рассчитанная величина угла наклона.

На цилиндрической диаграмме (рис.70) изображены линии пересечения плоскостей пластов с цилиндром, соответствующим стене скважины. Такая диаграмма должна размещаться в цилиндр, изготовленный из прозрачного материала, и особенности диаграммы визуально можно изучить, как кэрн.

На показанном примере по профилю векторов (рис.69), а также по другим каротажным данным, в глубине 204 м выявляется подошва образований паннонского возраста. Здесь залегание этих образований близко к горизонтальному, угол падения составит 4-5 градусов. Под паннонскими образованиями выявлены метаморфиты.

По рис.69 и 70 наблюдаются резкие отличия этих образований в глубине 204 м. Среднее наклонение метаморфитов составит 20 градусов и больше. Внутри толщи метаморфитов хорошо отделяются интервалы с направленной (т.е. неразрушенной) структурой от интервалов брекчированных пород.

Интервалы с направленной структурой характеризуются стабильностью величин азимута и угла наклона. В интервалах, где выявляются брекчированные породы, угол наклона изменяется, а азимут падения характеризуется изменчивостью.

Несогласное залегание паннонских образований и изменения внутри толщи метаморфитов выявлены и по плотностному и акустическому каротажу, а также по БКЗ, ГК, и СП. Пример показывает также, что характер информации, ожидаемый от изучения падения пластов отличается в метаморфитах и осадочной толще.

Литературу см. после венгерского текста на стр. 126.

3. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ

3. 1. ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Керменди Алпар

В Тиханьской Обсерватории продолжались систематический сбор и передача магнитных данных. Помимо этого, была организована Третья Международная встреча сотрудников Геомагнитных Обсерваторий по регистрации и обработке данных. Подгоавка и успешное завершение этой встречи требовали выполнение специальных работ.

Сначала с помощью повторных измерений, убедились в том, что электрификация железнодорожной линии Будапешт-Надьканижа не привела к отклонениям магнитного поля на территории обсерватории. (Напомним, что на участке Шиофок-Фоньод с 1. декабря 1989. г. электризовано движение, и с тех пор действует подача тока в окр. Сантод-пуста.)

После этого, с помощью магнитной съемки были отысканы магнитные "загрязнители" территории обсерватории — это, в основном, железные предметы, детали, заброшенные и зарытые в ходе строительства, которые были удалены после их обнаружения.

Построили новые измерительные постройки, заложили новые кабели. В ходе встречи с 10 по 21 сентября 1990. г. были исследованы 10 систем магнитной регистрации. Для 62 участников, прибывших из 16 стран, были организованы дни-семинары во время непрерывных регистраций. В ходе семинаров прослушены 14 доклада.

Описание измерений, их результаты, а также материалы докладов, были детально опубликованы в Геофизическом Бюллетене (том 36., ч. 3-4, 1991). Здесь приводятся главные итоги встречи :

- в исследованных системах применены три принципиально разных измерителя : магнит, повешенный на кварцевой нити, датчик, намагничивающийся до насыщения и протонный магнитометр;

- приборы, построенные по разному принципу, давали сходные результаты;
- аналогично выводам двух предыдущих встреч (Оттава 1986. г., Нурмиярви 1989. г.) можно сделать вывод о том, что точность регистрирующих систем магнитных обсерваторий не достигает значения, приписанного в проекте ИНТЕРМАГНЕТ;
- необходимы дальнейшие подобные встречи.

Из-за работ в связи со встречами, пропущено исправление систематических ошибок регистраций ранних лет, выявленных в 1989. г. Ошибки связаны с неточностями при сборе кварцевых вариометров советского производства. Согласно этому, на эпоху 1990.5 приводятся лишь приблизительные результаты:

$$D = 1^{\circ} 49'$$

$$H = 21421 \text{ нТл}$$

$$Z = 42478 \text{ нТл}$$

$$F = 47574 \text{ нТл}$$

3. 2 ОБЪЕДИНЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ОПОРНЫХ СЕТЕЙ ГСВ-50 И ГСВ-80

Геза Чано, Аттила Шархидай

Известно, что в прежние годы результаты гравirazведки (геофизической гравиметрии) задавались в системе ГСВ-50 (Гравиметрическая опорная Сеть Венгрии, 1950), а геодезической гравиметрии – в системе ГСВ-80 [Годовой отчет ЭЛГИ за 1988–1989 гг., с. 399–401]. Эти системы отличаются друг от друга [CSAPÓ, SÁRNYDAI 1990a], карта расхождений приводится на *рис. 71*. Для того, чтобы в будущем работать в системе, соответствующей поставленной задаче, представляется целесообразным определить взаимосвязь между этими системами в форме замкнутого уравнения.

С этой целью были реставрированы 45 опорных пунктов II. класса ГСВ-50, и по ним были выполнены измерения совместно с ГСВ-80 (не менее двух новых пунктов на одного "старого"). При повторном определении высотных отметок старых пунктов выяснилось, что при неизменности горизонтальных координат отметки опорных пунктов ГСВ-50 (проекция осевой точки дорожного покрытия в профиль сигнальной пирамидки) обычно изменились.

Поэтому в каталоге опорных пунктов, изданном в 1990 г., были указаны расчетные поправки к исходным значениям "старых" опорных пунктов, связанные с изменениями высотных отметок. Следует обратить внимание на то, что в случае большинства опорных пунктов ГСВ-50, по которым не было повторных измерений, можно предполагать подобную ситуацию (из-за изменений в очертаниях дорог или в положении пунктов), поэтому при использовании литературных данных [RENNER 1959], для определения результирующей ошибки измерений, выравненные результаты по пунктам измерений могут содержать ошибки в несколько десятые миллигалов ($1 \text{ мгл} = 10 \text{ мкс}^2$), независимо от точности самих измерений. Для создания пересчетной функции были

выполнены два выравнивания. В качестве граничного условия при первом выравнивании были приняты исправленные значения g по реставрированным пунктам ГСВ-50, а при втором — значения g , определенные абсолютными измерениями [CSAPÓ, SÁRNYDAI 1990].

В это выравнивание, наряду с пунктами ГСВ-80, были вовлечены также и реставрированные старые опорные пункты с результатами новых измерений по ним. Таким образом, по всем опорным пунктам имелись значения g в обеих системах. После этого были рассчитаны разности между значениями в разных системах по одним и тем же пунктам, и по совокупности точек, была построена выравнивающая поверхность третьего порядка (рис. 72). В результате значение g по любому из гравиметрических пунктов Венгрии, известное в одной из систем, может быть пересчитано в другую систему по уравнению:

$$g(\text{ГСВ-50}) - g(\text{ГСВ-80}) = 1334,623 - 2,615\Delta\varphi + 0,871\Delta\lambda - \\ - 0,884759\Delta\varphi\Delta\lambda - 6,47691\Delta\varphi^2 - 0,206357\Delta\lambda^2 - 1,991854\Delta\varphi^3 + \\ + 0,051530\Delta\lambda^3 + 0,345641\Delta\varphi\Delta\lambda^2 + 0,567867\Delta\varphi^2\Delta\lambda$$

где

φ_p = географическая широта точки (в $0,1^\circ$),

λ_p = географическая долгота (в $0,1^\circ$),

$\Delta\varphi = \varphi_p - 478,33$,

$\Delta\lambda = \lambda_p - 160$.

Результат получается в единицах $0,1 \mu\text{мс}^2$.

По распределению т.н. "остаточных отклонений", показанных на рис. 73, можно заметить, что выравнивающей поверхностью достигнуто весьма точное приближение, поскольку остаточные отклонения лишь в исключительных случаях (близ государственных границ) превышают значение $\pm 0,03 \mu\text{мс}^2$.

3.3 СИСТЕМА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ГРАВИМЕТРОВ ЛА КОСТА-РОМБЕРГА (LCR)

Геза Чано, Аттила Шархидай

В последние годы в геодинамических исследованиях все большую роль приобретают высокоточные (надежностью в несколько сотых 10^{-2} $\mu\text{мс}^{-2}$) относительные гравиметрические измерения.

Их роль заключается, с одной стороны, в переводе результатов, полученных по абсолютным измерениям g , к определенным пунктам на дневной поверхности, доступным практическим измерениям (то есть к сигналу, зафиксированному на местности), а с другой, в определении вертикальных градиентов путем измерений Δg и в измерениях по сетям наблюдений за смещениями. При решении этих задач необходимо устранить изменения шкал в измерительных системах гравиметров за периоды между измерениями. Подобные изменения возникают из-за мелких механических деформаций измерительной пружины и передаточных узлов.

С целью устранения эффектов от изменения положения измерительной пружины электронная схема гравиметров LCR, снабженных емкостным выходом, была дополнена узлом отрицательной обратной связи по напряжению (feedback, FB), при котором этим напряжением независимо от напряженного состояния измерительной пружины измерительная масса восстанавливается в положение электрического нуля (в полурасстояние между емкостными пластинками) в диапазоне обратной связи порядка $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ мс^{-2} [HARRISON, SATO 1984].

Благодаря такому усовершенствованию в существенной степени улучшается и стабильность гравиметров по регистрации земных приливов. Позже диапазон обратной связи был значительно расширен в связи с модификацией электронной схемы [RÖDER et al. 1987], что дает возможность производства полевых измерений с применением системы обратной связи вслед за тем, как расширенный диапазон в случае

некоторых приборов достиг $\pm 100 \text{ мкс}^{-2}$. Тем самым увеличивается разрешающая способность гравиметров LCR; например, в результате измерений, выполненных нами шестью гравиметрами LCR, работающими на указанном принципе, на эталонном геодинамическом полигоне в долине р. Рейн в 1989 г., средняя ошибка по сети после выравнивания составляла 0,005 (для сравнения: подобное же значение по ГСВ-80, считающееся неплохим, составляло $\pm 0,016$).

Два гравиметра LCR-G ЭЛГИ были дополнены системой обратной связи (FB) с расширенным диапазоном измерений. Диапазон линейных измерений гравиметра с номером 963 охватывает ± 105 , а гравиметра с номером 1919: $\pm 120 \text{ мкс}^{-2}$. Электронная схема системы размещена в отдельном узле управления, названном GRAFS (*GRAvimetric Feedback System*) и состоящем из узлов, обозначенных на блок-схеме *рис. 74*.

Наблюдение за выходным сигналом гравиметров LCR (то-есть напряжение постоянного тока, соответствующее усилию пружины, необходимому для приведения маятника в нулевое положение) ведется либо по гальванометру, вмонтированному на заводе, либо по цифровому вольтметру (DMM), подведенному снаружи. Во втором случае повышается точность установления индексов и отсчета показаний приборов. Напряжение постоянного тока FB во всех случаях измеряется наружным вольтметром DMM с не менее, чем четырьмя знаками отсчета. Благодаря применяемому нами управляющему устройству, с одной стороны, гравиметры могут быть использованы в разных режимах измерений, а с другой, имеется возможность записывания сигналов в память и их совместной визуализации в нескольких вариантах.

Режимы, устанавливаемые с помощью GRAFS:

1. непрерывная регистрация нефильтрованного сигнала CPI (Capacitance Beam Position Indicator);
2. непрерывная регистрация сигнала CPI, фильтрованного в заданной переноса; в настоящее время можно делать выбор между фильтрами 0,1 гц ff и 0,12 гц ff;
3. непрерывная регистрация напряжения FB при выбранном фильтре и при одновременной регистрации напряжения CPI;
4. измерение в режимах, перечисленных в пунктах 1-3, с дискретностью, усредняемой по интервалам времени, изменяемым между 1 и 999 с (скорость дискретности — 300 мс).

Способы визуализации и хранения выходных сигналов:

- на собственном дисплее LCD на 256x64 точек GRAFS-а (в режиме 3 одновременно визуализируются два DMM по 5 знаков совместно с дополнительной информацией);

- на аналоговом регистраторе (внутренними часами аппаратуры дается сигнал времени, например, часовой сигнал для записи);
- на цифровом накопителе данных (например, на накопителе данных типа DIMARS, разработанный ЭЛГИ для обсерваторий);
- на компьютере.

Аналоговый выходной сигнал напряжения СРІ гравиметра LCR-G подается на узел управления (восстановитель нуля), которым в режиме FB на пластинки конденсатора подается предварительное напряжение порядка ± 12 в и обеспечивается удерживание маятника в нулевой позиции напряжением обратной связи. Система способна к симметрическому регулированию до тех пор, пока напряжение обратной связи не достигнет напряжения одной из конденсаторных пластин. В режиме как FB, так и СРІ имеется возможность к фильтрованию аналогового сигнала путем включения одного из активных фильтров (1 или 2), обозначенных в блок-схеме. Фильтр 3 служит для фильтрования чувствительного сигнала FB или же для точной установки постоянной времени колебательного контура FB.

Параметры фильтров, построенных из узлов с малыми офсетными напряжениями, были выбраны с таким расчетом, чтобы при различных внешних источниках шумов можно было получить наиболее благоприятные отношения сигнал/шум. Фильтры, а также различные режимы могут быть запрограммированы по клавиатуре из 16 клавиш на время до выключения аппаратуры.

Клавиатурой — через различные периферийные соединители — управляет CPU Z80 варианта CMOS точно так же, как и аналого-цифровым преобразователем INTERSIL-ICL 7135, генератором часов, работающим с отдельного фонда времени, а также интеллигентным дисплеем LCD с регулируемой яркостью. Соответствующие данные режима усреднения создаются арифметическим узлом (усреднителем SW) GRAFS-a, причем усреднение может быть прервано на время измерений (позиция времени усредняющего цикла видна на дисплее).

Выбор соответствующего режима и способа регистрации сигналов осуществляется из "меню", появляющихся на дисплее, причем при выключении аппаратуры восстанавливается исходный режим (фильтр на 0,12 гц, время усреднения — 8 с, сигнал СРІ на дисплее и на канале аналоговой записи). Каналы могут быть запрограммированы независимо друг от друга.

Внутренний узел питания GRAFS-a состоит из никелево-кадмиевых аккумуляторов, обеспечивающих различные напряжения, и зарядителя

аккумуляторов, снабженного защитой от избыточного тока и токовым контуром, следящим за напряжением.

При эксплуатации в полевых условиях аппаратура работает на одном заряде не менее пяти дней, причем о состоянии батарей можно судить по дисплею. Соединение GRAFS-a с гравиметром может быть прервано, и после разъединения узлов, гравиметр может применяться в качестве серийного заводского прибора.

Литературу см. после английского текста, на стр. 145.

3. 4 ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Татьяна Варга, Петер Варга (ЦГУ)

В 1990 году продолжались регистрации земных приливов и длиннопериодических деформаций приборами, установленными на Геодинамической станции Матьяш-хедь [Годовой отчет ЭЛГИ за 1988-1989 гг. стр. 391].

Наблюдения экстенсометрами

С февраля 1990 года проводились наблюдения двумя большими (длиной $E_1 = 21,3$ м и $E_2 = 13,8$ м) экстенсометрами, а также расположенными параллельно с ними и перекрывающими два разлома, прослеживающиеся в пещере, двумя "микро" (длиной $ME_1 = 1,6$ м и $ME_2 = 0,9$ м) экстенсометрами наряду с непрерывной эталонировкой больших экстенсометров (схему расположения экстенсометров отражает *рис. 75*)

Наши наблюдения были дополнены измерениями эманации радона, проведенными совместно со специалистами МЭУ (Мечекское Урановое Предприятие).

О результатах экспериментальных измерений, проведенных по июль 1990 года было сделано сообщение в сентябре 1990 года на боннском заседании Международной комиссии по земным приливам [Varga et al. 1990.].

П. Варга [1984] определил, что величина годового хога экстенсометров не зависит от геологической среды станций наблюдений (значение, определенное для 26 стаций мира $0,1-6,0 \cdot 10^{-6}$ / год) и в большинстве случаев, достигает максимального значения теоретически возможных деформаций.

В верхней части *рис.76* изображены деформации, определенные микроэкстенсометрами ME1 и ME2, совместно с данными соответственно относящимися к ним термометров (*temp.ME1* и *temp.ME2*).

В нижней части рисунка изображены остаточные кривые наблюдений большими экстенсометрами. Часть экстремумов, наблюдаемых микроэкстенсометром ME1 по времени однозначно совпадает с экстремумами остаточных кривых, наблюдаемых большими экстенсометрами.

В случае экстенсометра ME2 эта корреляция неоднозначна, вероятно благодаря близости прибора к входу в пещеру. Видно, что остаточная кривая экстенсометра E2 коррелирует с результатами измерений радона. Стоит отметить, что остаточные кривые обоих экстенсометров имеют общее направление в первую половину времени эксперимента. Затем (с середины апреля) бег кривых принимает противоположное направление. Для этого времени характерно изменение характера и длиннопериодичных деформаций (см *рис.77*), что объясняется геологическими процессами, протекавшими в это время (например, изменением уровня карстовых вод).

На *рис.3* видно, что экстенсометром E1 наблюдалось расширение порядка 30 μm , а экстенсометром E2- сжатие такого же порядка. На основании наших исследований, можно утверждать, что ход приборов , регистрирующих земные приливы, имеет не только инструментальный характер. Деформации, регистрируемые экстенсометрами, наряду с земными приливами, включают в себя и тектоническую компоненту.

Задачей 1991 года является наладить регистрации, произведенные до сих пор экспериментальным образом, на уровень постоянных наблюдений, и наряду с этим, при истолковании результатов наблюдений принять во внимание возможные факторы изменения окружающей геологической среды.

Регистрации гравиметром

Регистрация земных приливов гравиметром не производилась, поскольку гравиметр BN-07, в результате возникших высоких напряжений, обусловленных весенними грозowymi дождями был выведен из строя. Учитывая, что явления, связанные с поломкой гравиметра, уже наблюдались в последние годы, на 1991 год запланирован спецосмотр Геодинамической станции с целью выявления

и устранения проблем, связанных с ее электроснабжением и мер обеспечения безопасной эксплуатации.

Подготовлены рабочие чертежи и смета, и уже начались подготовительные работы по созданию, так называемой, "абсолютной" эталон-установки, обеспечивающей абсолютное эталонирование гравиметров играющий особенно важную роль при геофизической интерпретации гравитационных приливов.

Теоретические геодинамические исследования, касающиеся внутреннего строения Земли, направлены на изучение напряжений, возникающих внутри Земли.

В 1990 году, в рамках этой темы, в сотрудничестве с ВАН-DFG (ФРГ), исследовались максимальные сфероидальные и тангенциальные напряжения, имеющие место на границе ядро—мантия;

В рамках бельгийско—венгерского сотрудничества продолжалось исследование трения приливов. Установлено, что уменьшение скорости вращения Земли — в отличие от обычно принятого мнения — нелинейное. Нелинейность уменьшения скорости вращения обусловлена изменениями, происшедшими в расположении континентов. Реконструкция палеоприливов, обусловленных этими изменениями, задача исследований на 1991 год.

Литературу см. после венгерского текста, на стр. 150.

4. ПРИМЕРЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭЛГИ ЗА РУБЕЖОМ

4. 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ В МОНГОЛИИ

Шандор Ковачвелдьи, Андраш Шимон, Антал Жилле

В 1976. г. страны СЭВ в Монголии создали Международную Геологическую Экспедицию с целью расширения сырьевой базы Монголии а также стран-участников. Экспедиция действовала до 1990. г., в основном заданиями в Северокэруленской зоне Восточной Монголии, и в течение нескольких лет также и в Гобийской зоне Южной Монголии. (рис.78).

Заданиями деятельности Экспедиции явились геологическая, геохимическая и геофизическая съемка сначала в масштабе 1:200.000, а на перспективных участках в масштабе 1:50.000 и мельче; поиски всех видов полезных ископаемых; а на месторождениях — проведение поисково-оценочных работ.

В Экспедиции поверхностные геофизические исследования выполнили сотрудники нашего Института. Параллельно с геологической съемкой масштаба 1:200.000 и 1:50.000 выполнены региональные геофизические работы методами гравиметрии, электро- и сейсморазведки, а в окрестности выявленных проявлений наряду с геологической съемкой масштаба 1:10.000 и 1:5.000 и горно-буровыми работами, выполнены детальные комплексные геофизические исследования электроразведочными (ВЭЗ, ВП, сопротивление, электромагнитные методы), сейсморазведочным, сейсмоэлектрическим, магниторазведочным, радиометрическим, микрогравиметрическим и другими методами.

Вначале работ про значительной части участка имелись лишь геологические карты 40-50 летней давности, отвечающие масштабу 1:500.000, с небольшим привлечением геохимических методов и практически без геофизических данных.

К концу 1990. г. рассмотренный Хэнтэйский участок, с общей площадью в 37 тыс.кв.км, стал одним из наилучше опоскованных в

Монголии. Выполнено комплексное геологическое, геохимическое и геофизическое исследование участка в масштабе 1:200.000, а на значительной части территории — также и в масштабе 1:50.000. На выявленных проявлениях выполнены детальные работы в соответствии с перспективностью объектов.

Промышленным результатом деятельности Экспедиции считаются опоскование и расчет запасов следующих месторождений:

1. Ундурцаганское месторождение вольфрама и молибдена
2. Мунгунундурское месторождение полиметаллов и серебра
3. Хулынхолбинское месторождение флюорита
4. Цаганчулутское месторождение молибдена
5. Ихульское месторождение молибдена.

Кроме вышеперечисленных, выявлены около пяти объектов, которые, вероятно будут считаться промышленными месторождениями, но настоящая их опоскованность не позволяет провести расчет запасов. В дальнейшем приводятся несколько примеров работ, которые могут вызвать интерес специалистов в связи с неизвестностью данной геологической модели на территории Венгрии, или применяемой методикой.

Поиски месторождений редких металлов

Этот тип месторождений не относится к числу классических объектов геофизических поисков. Международная литература по данной теме небольшая, несравнимо меньше, чем по месторождениям нефти, газа или цветных металлов.

Это связано с тем, что искомые минералы или вообще не обладают отличающимися от вмещающих образований физическими свойствами, или, если такое свойство на уровне минеральных зерен имеется (нпр. молибденит относится к числу поляризующихся минералов), то низкое содержание этих минералов даже в промышленных месторождениях не позволяет провести геофизических поисков.

Таким образом, по данному типу месторождений возможны лишь косвенные геофизические поиски, когда методами геофизики непосредственно опосковываются не конкретные места скопления рудных минералов, а структуры, рудоносность которых предполагается по иной информации. Однако для редкометалльных месторождений не существуют такие универсальные структурные критерии, как например, куполовидные структуры для нефти.

Для месторождений редких металлов, если удастся выявить некоторые структурные критерии, то и они действуют лишь в рамках определенных участков.

Для хэнтэйского участка типичным является *зональная структура оруденения*. В этом случае характер рудной минерализации изменяется удаляясь от некоторого центра согласно температурному ряду образования соответствующих минералов.

В центральной части месторождений характерны вольфрамит-молибденитовые руды. Далее выявляется сульфидная зона, перспективная на цветные металлы и хорошо локализуемая геофизическими методами. Еще далее характерны такие низкотемпературные образования, как самородное золото и антимонит.

Рассмотренная зональность может нарушаться как и в процессе рудообразования, в связи с перемещением рудных растворов по радиальным разломам, так и после оруденения, в связи с последующими тектоническими движениями и эрозией.

В геофизических полях, как правило, лучше всех проявляется зона сульфидизации в виде интенсивных аномалий ВП, обрамляющих редкометалльную — чаще всего штокверкового типа — центральную часть. Как правило, центральной части также отвечают и минимумы сопротивления и магнитного поля.

Региональный минимум сопротивления часто нарушается линейно-вытянутыми локальными аномалиями, связанными дайковыми образованиями (максимумы) или зонами разломов (минимумы), но в результате фильтрации с фильтром сглаживания, этот минимум выявится.

На исследованных участках над центром оруденения хорошо выявляются магнитные минимумы, однако ясно, что их выявить можно лишь в том случае, если вмещающие породы хотя бы слабомагнитные.

Ундурцаганский редкометалльный штокверк выявлен в сланцах девонского возраста, прорванного габбровыми телами дайковой серии. (рис. 79) В сланцах встречается как и углистый материал, так и пирит сингенетического происхождения, с чем обусловлена высокая фоновая поляризация пород. Зона сульфидизации выявлена восточнее, южнее и западнее от штокверка интенсивными аномалиями ВП (рис. 80). В этой зоне расположено полиметаллическое месторождение Мунгун Ундур.

Самые интенсивные аномалии ВП выявлены севернее от штокверка, в связи с чем, штокверк видным образом окружен кольцом аномалий ВП, однако, северные аномалии ВП не связаны с гидротермальной сульфидизацией, а лишь с повышенным содержанием в сланцах углистого материала.

Об этом свидетельствуют громадные размеры (5x1 км) практически нерасчлененной аномалии, а также совпадение оси аномалии с простиранием сланцев.

Сопротивление над штокверком составит 200–500 ом (*рис.81.*), что превышает сопротивление непосредственной окрестности (100–200 ом), но явно меньше сопротивления удаленной окрестности, заведомо нетронутой процессами, приводящими к образованию штокверка (более 1000 ом). Уменьшение сопротивления в непосредственном окружении штокверка, по видимому, связано с отсутствием здесь массивных дайковых образований.

По магнитному полю, как и по аномалиям ВП, наблюдается кажущееся кольцевое строение (*рис.82.*) Южнее от штокверка, в сульфидной зоне, магнитные аномалии связаны с пирротиновой минерализацией. Севернее и западнее от штокверка линейно-вытянутые аномалии связаны с дайковыми образованиями.

Центральная часть является без аномальной, однако, такое обстоятельство здесь не служит поисковым критерием, поскольку сланцы девонского возраста по всему северокеруленскому региону являются немагнитными.

Молибденитовое месторождение Цаган Чулут выявлено среди гранитоидов каменноугольного возраста. Оруденение характеризуется штокверковым строением и, в отличии от Ундур Цагана, не имеет развитой сульфидной зоны. Сульфидная минерализация выявлена в удалении на 1–2 км от штокверка, по некоторым радиальным разломам, следовательно, локализовать штокверк по аномалиям ВП невозможно.

В то же время, над штокверком выявлено весьма спокойно магнитное поле, когда в окрестности над нерудными гранитоидами выявлено множество мелких аномалий интенсивности 100–200 нТл. Явно, что те же процессы, которые привели к образованию молибденитового штокверка, тем самым, и привели к удалению магнитных минералов.

По магнитному полю удалось выполнить первичное оконтуривание штокверка, которое в дальнейшем подтвердилось данными горно-буровых работ.

Участок *Буян Ул* является предположенным месторождением, подтвержденным пока лишь поверхностными и некоторыми канавными пробами. Предположение о возможном наличии месторождения основывается на геофизических данных, а также на опыте, полученном при исследовании вышеупомянутых месторождений.

Объект выявлен на площади развития девонских сланцевых образований, известных также на месторождении Ундур Цаган (*рис.83.*)

Геофизические работы проектировались с целью выявления сульфидных руд, на которые перспективность была определена предшественниками.

Перспективы редкометалльного оруденения проявились выявлением крупного магнитного максимума, связанного с глубинным объектом. Сам максимум выявлен с интенсивностью выше 2500 нТл над сланцами, при геологической обстановке, где в 30 километровой окрестности подобные сильномагнитные образования неизвестны. Глубина верхней кромки магнитного объекта составит 500–600 м.

По карте поверхности аномалия расположена в центральной части морфологической структуры двойного кольца, характеризующегося овальным видом и размерами 5x4 км.

Внутреннему кольцу отвечают долины, внешнему – хребты. Внутри кольца также выявлены долины радиальной ориентации, пересекающиеся в области магнитной аномалии. Известные ранее точки минерализации сосредоточены также внутри кольца.

Исходя из перечисленных фактов, а также по аналогии с другими участками, можно сделать следующую интерпретацию:

С приконтактной зоне внедряющейся в глубине магмы обоготился магнетит, что является источником наблюдаемой магнитной аномалии. Это подтверждается и наличием, в известной на поверхности сланцевой толще, известняковых пачек, необходимых для образования магнетитовых скарнов.

Внедрение магмы привело и к образованию перечисленных выше морфологических особенностей, точнее, к образованию той разломной системы, которая позволяла образованию этой морфологии.

В окрестности внедряющейся магмы образовалось зональное оруденение согласно температурному ряду, но, в отличие от вышеописанных месторождений, в данное время эрозия еще не вскрыла его до уровня редкометалльной минерализации, поэтому и в центральной части на поверхности, в основном, наблюдаем характерные минералы сульфидной зоны.

Скважинная проверка вышеописанной гипотезы в настоящее время еще не выполнена. Канавы 1 (рис.83), пройденная по линейно-вытянутой аномалии ВП, прослеженной по простирацию на 1.5 км вскрыла три зоны сульфидного оруденения с общей мощностью 22 м.

Среднее содержание в зонах составит: 2.5% цинка, 0.5% свинца и 40 г/т серебра. В канаве 2, пройденной в центральной части магнитной аномалии, выявлена слабая молибденовая минерализация. Предполагается, что здесь, на 100 м ниже окрестности, начинается зона редкометалльной минерализации, содержание металлов в которой будет увеличиваться с глубиной.

При поисках сульфидных руд широко применяются геофизические методы. При поисках вкрапленных руд, как правило, ведущей является одна из модификаций метода ВП. Несмотря на его всеобщую распространенность, в методе ВП до сегодняшнего дня не решена такая основная проблема, как отбракование аномалий ВП.

Сущность проблемы заключается в том, что, наряду с промышленными сульфидными минералами, высокой поляризуемостью обладают также и такие образования, как широко распространенная в терригенных отложениях сингенетическая пиритизация и углификация.

Пириты также повсеместно появляются и в гидротермальном процессе. Вследствие такой обстановки, при переходе на все более детальные стадии работ, метод ВП все менее годится для решения возникающих заданий.

На первых стадиях поисков, когда задание ограничивается оконтуриванием перспективных рудоносных участков, наличие аномалии ВП является надежным критерием, если удастся отбраковать аномалии, не связанные с гидротермальными процессами. В последующих стадиях, когда заданием является оконтуривание промышленных тел и обоснование расчета запасов, аномалия ВП уже не служит поисковым критерием, поскольку нахождение на этой стадии гидротермальной пиритизации уже, скорее мешает, в изучении закономерностей размещения полезного оруденения, поэтому целесообразнее прибегать к другим геофизическим методам. Ниже приводятся некоторые попытки решения изложенных проблем:

Для отбракования аномалий ВП, не связанных с гидротермальной минерализацией, самым эффективным явилось формальное сопоставление геологических и геофизических данных.

Поставлены следующие критерии, при наличии которых можно исключить связанность аномалий ВП с негидротермальными образованиями.

- а. аномалии, выявленные над магматическими образованиями (это исключает наличие углистого материала)
- б. аномалии, ось которых отличается от простираания осадочных образований, над которыми выявлены.

Естественно, на отдельных участках могут находиться и согласные рудные тела, аномалия которых по этому способу отбракуется.

Однако на первых стадиях поисков не является заданием выявление всех рудных объектов.

Скважинную проверку аномалий, отнесенных к числу перспективных, следует подготовить детальными геофизическими измерениями. Такая необходимость связано с тем, что на результаты измерений влияют все поляризующиеся объекты, расположенные в окрестности питающих электродов или между ними. Это при больших разносах, примененных на первых стадиях, может привести к появлению ложных аномалий, а также к горизонтальному смещению настоящих. Расположение аномалий уточняется с помощью измерений при коротких разносах.

Для вскрытия поляризующихся объектов наклонными скважинами также необходимо выяснить, хотя бы, направление наклона искомым тел. Для совместного решения обеих проблем, в первое время применяли симметричное профилирование при двух АВ. Согласно опытам, для оптимального размещения скважины этого не хватает, а требуется также и съемка срединных градиентов по короткому АВ в масштабе 1:1000 - 1:2000 .

Такая детализация выясняет действительное расположение аномалий, а по последующему симметричному профилированию можно делать вывод о наклоне объекта. При применении вышеизложенной схемы за последние годы подготовлено к вскрытию свыше 20 аномалий скважинами и канавами. Состоятельность применяемой методики доказывается с тем, что все они вскрыли гидротермальное оруденение.

Один из примеров (на участке Тулан обо) показан на *рис.84*. Оруденение здесь также локализован среди сланцев девонского возраста. Про характерную аномалию, выявленную при съемке по сети 100x50 м, и при разносе 1950 м, в результате съемки по сети 20x20 м и при разносе 650 м выяснилась, что она связана с влиянием нескольких мелких объектов.

При этом простираение этих объектов сильно отличается от направленности аномалии, полученной при большом разносе. По данным детальной съемки выполнено с имметричное профилирование при двух разносах, по результатам которого оценено расположение объекта и заложена поисковая скважина. Пробуренная скважина в отмеченной зоне вскрыла кварцевые и сульфидные гидротермальные прожилки.

4. 2 ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА КУБЕ

Криштоф Какаш, Фернандо Мондело Диаз, Петер Залаи

В начале восьмидесятых годов европейскими странами—членами СЭВ была поставлена цель, заключающаяся в оказании помощи Кубе совместными силами в систематическом изучении ее природных богатств (московская конвенция). В рамках программы по оказанию помощи работали советские, польские, болгарские, чехо-словацкие, (восточно)германские и, не в последнюю очередь, венгерские геологи и геофизики по геолого-геофизическому изучению определенных площадей (полигонов).

Соответствующие международные экспедиции дополнялись двусторонними контрактами по научно-техническому сотрудничеству и поставке товаров. Такое международное объединение усилий было завершено в 1990 г.

Первая *Венгеро-кубинская Геологическая Экспедиция* работала с 1983 по 1988 в Ольгине (полигон 4 на *рис.85*). Ее работа неоднократно освещалась в Годовом отчете ЭЛГИ. Геологическая съемка масштаба 1:50.000 была выполнена по площади в 3200 км² в сопровождении геофизических измерений вдоль региональных профилей и интерпретации гравитационных аэромагнитных и аэrorадиометрических аномалий.

По заявкам геологов по 31 участку (сектору), были начаты поисково-съёмочные работы масштаба от 1:25.00 до 1:10.000. В изучении секторов важная роль была отведена наземным геофизическим измерениям. В результате работ экспедиции был выявлен ряд проявлений полезных ископаемых сульфидных руд, золота, фосфоритов, бентонитов, россыпного золота и др.

Отчет экспедиции был защищен весной 1990 г. с высшей научной аттестацией.

В период с 1988 по 1990 гг. группой венгерских специалистов значительно меньшей численностью была оказана помощь в оценке перспектив Ольгинской зоны на полезные ископаемые и в подготовке дальнейших работ в ее пределах. Из 31 сектора поисковых работ дальнейшие работы были начаты в пределах трех проявлений золотого и одного медного оруденения (Рейна Виктория, Мелькадес и Монте Рохо).

При детальной разведке блока диоритов, находящегося в серпентинитах на месторождении Рейна Виктория, включающего в себя единственный действующий на Кубе золотой рудник по сети 20x25 м была поставлена геофизическая съемка методами магниторазведки, радиометрии и электроразведки методами сопротивлений и вызванной поляризации, поскольку золотоносные диориты отличаются от вмещающих серпентинитов повышенной радиоактивностью, пониженной магнитной восприимчивостью и поляризуемостью в связи со слабой пиритизацией.

При разведке золотых россыпей сектора Мелькадес применялись микромагнитная съемка и ВЭЗ-ы с целью выделения зон обогащения тяжелыми минералами по съемке мощности толщи рыхлых отложений мощностью 6–16 м.

В момент возвращения группы венгерских специалистов обе работы еще продолжались, а выполнение третьей не было даже начато.

Вторая *Венгеро-кубинская Геологическая экспедиция* работала с 1987 по 1990 гг на востоке Кубы (рис.85), на площади в 2400 км² (полигон 5 Гуантанамо-Север). Это наиболее трудно доступный район Кубы, где необжитые горы выше 1000 м покрыты субтропическими дождевыми лесами.

Помимо проблем со снабжением и с взаимопониманием, ведение геофизических работ было затруднено и тем, что не было региональной гравиметрической съемки, с опозданием была выполнена аэрогеофизическая съемка и отсутствовали результаты дистанционных исследований района. К концу 1990 г был составлен отчет по геофизическим работам и методические приложения к нему. Отчет был защищен, а экспедиция возвратилась в полном составе и при полном снаряжении. Обе экспедиции работали в составе Геологического предприятия в Сантьяго-де-Куба.

Задача экспедиции, состоявшей из кубинских и венгерских специалистов, состояла в наземной геологической съемке, геофизической разведке и оценке проявлений полезных ископаемых по полигону. Важнейшими из геофизических работ являлись следующие:

- Вдоль *региональных профилей* были проведены гравиметрические, магнитные, радиометрические, и электрические измерения; они служили основой для составления комплексных геологических разрезов и для изучения параметров стратиграфических единиц полигона.
- В основном по результатам *гравиметрических измерений* вдоль региональных профилей были составлены гравиметрические карты масштаба 1:250.000 (подробности – ниже).
- На основании имевшихся аэрогеофизических карт а также результатов наземной проверки и геологической съемки была выполнена *комплексная интерпретация* (тектоника, интерпретация аэромагнитных и гаммаспектрметрических данных).
- Важным полезным ископаемым района являются хромиты и никель-кобальтсодержащие латериты. Путем *опытно-методических работ* на известных месторождениях и рудопроявлениях велись поиски таких съемочных методов (или их комбинаций), с помощью которых выявление и прослеживание этих видов полезных ископаемых осуществляется эффективно. Хотя проверка бурением уже не могла быть выполнена, нам представляется, что удалось разработать методику поисков и разведки *приповерхностных хромитовых залежей* с использованием в основном, профилирования высокой разрешающей способности методами вызванной поляризации и магниторазведки. Нами сделано предложение и по эффективной и скоростной методике *поисков никеленосных латеритов*.
- По некоторым из проявлений полезных ископаемых были выполнены рекогносцировочные и детальные работы. Удалось выявить ряд пунктов с *сульфидной минерализацией*, в первую очередь, благодаря систематическому применению метода вызванной поляризации и гаммаспектрметрии, но практическая значимость этих объектов по-видимому невелика. По результатам проведенных измерений можно предполагать что аллиты Восточной Кубы не могут рассматриваться в качестве промышленных бокситов.

Из результатов работ Экспедиции приводится *карта гравитационных аномалий* по району работ (рис. 86). Средняя плотность для введения поправок была принята за 2,67 т/м³, она получена в результате расчетов несколькими методами и соответствует, в целом, ожидаемой плотности в основном серпентинизированной офиолитовой толщ (гипербазитов и габброидов).

Картина гравитационных аномалий характеризуется значительным – около 30 Э – отрицательным градиентом в северо-восточном

направлении, при этом, в ЮЗ углу полигона значение аномалии Буге превышает +160 мгл. Положительная аномалия такой интенсивности, являющаяся, по всей вероятности, крупнейшей положительной аномалией Карибского региона, по-видимому, характерна для всех гипербазитовых горных массивов Восточной Кубы (Сьерра Кристал, Сьерра де Пурыл), но подобной гравиразведки еще не было в других районах Восточной Кубы.

Возможная структурная модель, соответствующая картине гравитационных аномалий, представлена на разрезе 87. Она получена двумерным моделированием. Для простоты все границы были представлены в виде ступеней. Поскольку в районе работ и его окрестностях не было ни сейсмических ни магнитотеллурических измерений а тектонические представления не гороботаны, модель носит сильно эвристический характер.

Представленная модель основывается на предположении о том, что в середине острова (на юго-западном конце профиля) вплоть до глубины горизонта выравнивания плотностей (14 км ниже уровня моря), имеются высокоплотностные ($\Delta\sigma = +0,3$) массы постепенно выклинивающиеся в северо-восточном направлении. Возможная (и не противоречащая тектоническим представлениям) геологическая интерпретация модели приводится на рис. 87.

Массы высокой плотности соответствуют офиолитам, а массы средних плотностей вряд ли могут быть чем-то иным, нежели чехлом Багамской платформы (толщей карбонатных отложений на континентальном основании), то-есть, Северо-Американской континентальной плиты. При условии, что данная модель соответствует истине, гравитационными данными подтверждаются тектонические идеи, согласно которым, офиолитовые образования (в результате столкновения плит), надвинуты в виде покрова на Северо-Американскую плиту.

Предполагаемые в модели две "ступени", то-есть тектонические нарушения (А и В), находятся в хорошем соответствии с двумя сбросами выявленными при наземной геологической съемке (устное сообщение П. Дьярмати, Ж. Переги и К. Брежнянки).

Близповерхностный дефицит плотностей (С) может удовлетворительно объясняться тектоническим грабеном (Кенса де Паленке), заполненным палеогеновыми отложениями обломочного состава.

На Кубе геолого-геофизическая деятельность, организованная в рамках СЭВ, завершена. Результаты экспедиций и вообще, работы венгерских и кубинских специалистов-геофизиков в течение

десятилетий (помимо систематической съемки) могут быть охарактеризованы следующим образом:

- научно-технический уровень поисков и разведки твердых полезных ископаемых на Кубе был повышен путем *введения ряда новых здесь способов*, как например, высокоточные измерения вызванной поляризации, исследование динамических параметров поляризации, съемка методом сопротивлений СДВР или малоглубинной сейсморазведки;
- выполнены успешные *опытно-демонстрационные измерения* (отчасти, в рамках кубино-венгерского контракта по научно-техническому сотрудничеству) методами переходных процессов, частотного зондирования и электромагнитного профилирования установкой слингрэм (Slingram), результаты которых уже освещались в Годовых отчетах ЭЛГИ;
- внедрена *компьютерная система* полевой обработки геофизических данных сделавшая возможным широкое внедрение компьютерных способов (например, обработку данных гравirazведки в поле);
- в области поисков и разведки твердых полезных ископаемых (с учетом отечественного опыта и опираясь на ценную и вдохновленную работу кубинских геофизиков) разработаны *эффективные комплексы методов* по нескольким видам сырья;
- внедрены в практику несколько способов скважинной геофизики, используя поставку ЭЛГИ на Кубу ряда каротажных станций для целей поисков и разведки твердых полезных ископаемых.

4. 3. ОТЧЕТ ОБ АВСТРИЙСКО-ВЕНГЕРСКОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ

Ласло Сабадвари

Сотрудничество венского Геологише Бундесаншталт и будапештского Центрального Геологического Управления с самого начала, с 1968. года, основывалось на том, что геология не знает государственных границ. Исследование крупных геолого-тектонических регионов следует вести так, как бы этих границ не существует. Наше сотрудничество является примером взаимной поддержки двух небольших стран в данной области.

В рамках геологического сотрудничества в 1969-м году еще не было не одной геофизической темы. Быстрое развитие сотрудничества можно характеризовать с тем, что в 70-ых годах в нем ежегодно участвовали 10 геофизических тем, а в 1990 м 25. По некоторым темам образовались такие группы австрийских и венгерских исследователей, к которым, исходя из целесообразного распределения труда, к 1991. г. присоединялись исследователи третьих стран (нпр. исследования в области земных проливов проводятся в рамках сотрудничества Австрии, Венгрии и Германии).

Составление единой карты глубины фундамента третичного бассейна для австрийской, венгерской и чехословацкой части Карпатского бассейна, составление для этой же территории карты глубины поверхности Мохоровичича (т.е. карты мощности коры) являются также работами, превышающими рамки двухстороннего сотрудничества, здесь исследователи Чешской и Словацкой Республики являются очевидными сотрудниками в австрийско-венгерском сотрудничестве для исследования больших глубин.

Некоторые результаты этих работ показаны в Геофизическом Бюллетене, (том 36. ч.1-2.) вышедшем в августе 1991. г. Здесь опубликованы карта мощности коры и карта глубины фундамента

третичного бассейна. Следующее сообщение касается палеомагнитных исследований, выполненных в пограничной между Австрией и Венгрией части Восточных Альп. Совместной полевой партией Венгерского Геофизического Института и геофизической кафедры Леобенского Горного Университета выполнено объединение магнитных карт пограничных областей. Два других сообщения касаются с применения метода ВП для гидрогеологических изысканий, а одно применением электромагнитного частотного зондирования для поисков полезных ископаемых.

Имеются также и экономически полезные темы, когда после совместной командировки сотрудники сначала провели обмен теоретической, а затем и практической информации, в последствии появились совместные разработки, и в завершении – торговая деятельность.

Примером может служить сотрудничество в аэрогеофизических измерениях, в рамках которого объединены теоретические, технические и финансовые ресурсы многих учреждений (Геологический Бундесанштат, Венский Университет, Центральное Геологическое Управление, Венгерский Трест по Алюминиевой промышленности, Предприятие по Поискам Бокситов).

Измерения были выполнены в 1987-м, 1989-м и 1990-м годах, ежегодно на площади 50-150 кв.км. Применяемая методика до 60 м глубины залегания может выявить бокситоносные структуры. Комплекс магнитометрии и гаммаспектрометрии в сочетании с электромагнитными измерениями на трех частотах может находить применение в решении задач в связи с охраной природы.

Ниже приводятся несколько интересных тем сотрудничества в 1990. гг.

- Разработка методики мелкоглубинных высокочастотных сейсмических измерений;
- Абсолютные измерения силы тяжести;
- Определение места образования разрушающих землетрясений по историческим данным;
- Измерения георадар;
- Геофизическая система наблюдения крупных промышленных объектов;
- Специальные каротажные исследования скважин до глубины 1500 м (обработка на ЭВМ и совместная интерпретация);
- Включение в международный проект ИНТЕРМАГНЕТ тиханьской и конрадской (трафлбергской) обсерваторий.

Уже в 1988-м году начаты в австрийско-венгерской пограничной области совместные измерения, целью которых является соединение геофизических сетей двух стран с помощью профильных измерений через границу. Как уже упоминалось, объединение магнитной сети к 1990. году было завершено, в настоящее время проводится объединение гравитационной сети, а также совместные измерения и геологический анализ сейсмических профилей.

4.4 ОПЫТНАЯ СЕЙСМОРАЗВЕДКА В АВСТРИИ

Ласло Гомбар

Летом 1990 г. ЭЛГИ участвовал в весьма интересных опытных измерениях, которые по заказу ÖMV (Вена) были выполнены Леобенским Университетом в качестве основного подрядчика и с участием в опыте помимо ЭЛГИ также и фирмы Terra Linda of Canada.

Измерения были выполнены в Верхней Австрии, на северной окраине Известняковых Альп, вдоль горных дорог (*рис. 88*). Колебания, возбужденные вибраторами или взрывами, регистрировались вдоль двух параллельных линий двумя различными сейсмическими станциями. Запись велась телеметрической аппаратурой MDS-16 традиционными сейсмоприемниками, а станцией DFS-V специальными датчиками, арендованными у Terra Linda of Canada, называемыми *омнифонами*. До сих пор во всем мире выполнено не более 4-5 измерений омнифонами.

Омнифон представляет собой трехкомпонентный датчик, содержащий память на 14 К и вычислительный узел, управляемый микропроцессором. Сигналы от трех сейсмоприемников на 4,5 гц, размещенных пирамидально, по т.н. схеме Гальперина, после дискретизации проходят т.н. поляризационное фильтрование, при котором осуществляется разделение вертикальных, поперечных и радиальных компонент в реальном времени.

Поляризационным фильтром осуществляется также и сглаживание поверхностных волн и волн, поступающих из-за пределов плоскости измерений на основании их особой поляризации: внутренней волны поляризованы линейно, в то время как поверхностные — циркулярно.

После фильтрования вертикальный компонент подается на выход омнифона, а два других компонента - в память. На выходе выполняется 20-децибельное усиление и цифрово-аналоговое преобразование фильтрованных данных. Сигналы в аналоговой форме отсюда по

традиционному стэкинговому кабелю поступают на прибор-накопитель.

За вертикальным компонентом следует поперечный, а за ним — радиальный компонент. Время "0" каждого из компонентов отмечается импульсом по каждой трассе, и на магнитной ленте три компонента появляются друг за другом, практически на одной и той же записи.

Преимущество измерений с применением омнифонов заключается в том, что точечным приемником можно добиться большего разрешения, поскольку нет искажений высокочастотных компонентов даже при пересеченном рельефе. Принцип поляризационного фильтрования дает возможность и к отфильтрованию волн-помех. По одной-единственной трассе аппаратуры можно вести запись одновременно трех компонентов, и по результатам одного-единственного измерения можно создать разрезы поперечных и продольных волн.

При возбуждении колебаний взрывами дискретность составляла 2 мс, а полная длина записей — 3×14 с. Из 14 до 7 с являлись временем управляющего сигнала, и 7 с — временем тишины. Из-за охарактеризованного выше устройства зарегистрированных трасс, естественно, нельзя было выполнить перекрестную корреляцию в поле, так что на магнитную ленту записывались нескоррелированные и несуммированные виброграммы. Вертикальное суммирование и перекрестная корреляция были выполнены в вычислительном центре.

Интересно, что частные суммы, записанные по отдельному вибраторному пункту, как раз заполняли магнитную ленту длиной в 1200 футов, так что ежедневно по окончании работ пришлось вывозить с поля магнитные ленты на целый грузовик небольшого объема. Из-за разработки и транспортировки леса вибраторные измерения приходилось выполнять ночью, сматывание разносов и размещение датчиков проводилось днем. Обработка материалов измерений производится в вычислительном центре ÖMV.

Ласло Верё

В последние годы во всех отраслях геофизики возросла роль компьютерных программ. Мощные персональные компьютеры типа IBM и их периферийные устройства распространены во всем мире, так что стало возможным использование в геофизике одних и тех же программ по обработке, интерпретации и визуализации в ряде стран и организаций, даже без особого опыта. В действительности обработка и интерпретация на компьютере скорее представляет вспомогательное средство и не может обходиться без высокой квалификации, но графическая визуализация на высоком уровне, в любом случае, очень важна.

Осознав такой тренд развития, ЭЛГИ в 1990 г. заключил агентурный контракт с фирмой ИНТЕРПЕКС (INTERPEX, Golden, Colorado, США) по графическим программам для электроразведки, электромагнитных измерений, магниторазведки, гравиразведки, сейсморазведки, гидрогеологии и общего назначения. В соответствии с контрактом деятельность ЭЛГИ по маркетингу концентрируется, в основном, в Центральной и Восточной Европе. Первая сделка была заключена еще в 1990 г, и программы ИНТЕРПЕКСА применяются также и в самом ЭЛГИ.

Работа библиотеки

Фонд библиотеки в настоящее время состоит из 30 252 экземпляров книг и журналов, а также из 5378 прочих публикаций. В 1990-м году фонд пополнился 334 томами книг, 244 журналами, 8 документациями и 800 проспектами приборов. Фонд журналов пополнился двумя новыми названиями.

В рамках международного обмена публикациями институтом было получено 165 изданий и были отправлены 1324 издания по 550 адресам в 59 странах. Межбиблиотечный обмен : в 1990-м году 116 раз были выданы издания внешним организациям. За отчетный год библиотекой были обслужены 4294 читателя.

В 1990.г. была начата машинная обработка состояния библиотеки с помощью программы MICROISIS. Обрабатываются фонд книг (в настоящее время лишь новые поступления), фонд журналов, реферированные журнальные статьи и список партнеров по обмену. От машинной обработки ожидаем качественное улучшение библиотечной службы.

Издания

В 1990. году ЭЛГИ были опубликованы следующие издания :

- Годовой отчет Венгерского Государственного Института им. Л. Этвеша за 1989-90 гг.
- Геофизический Бюллетень, том 35, NN№ 3,4

NNW

SSE

40

60

80

100

120

140 km

-30
-24
-18
-12
-6
0
dB

10

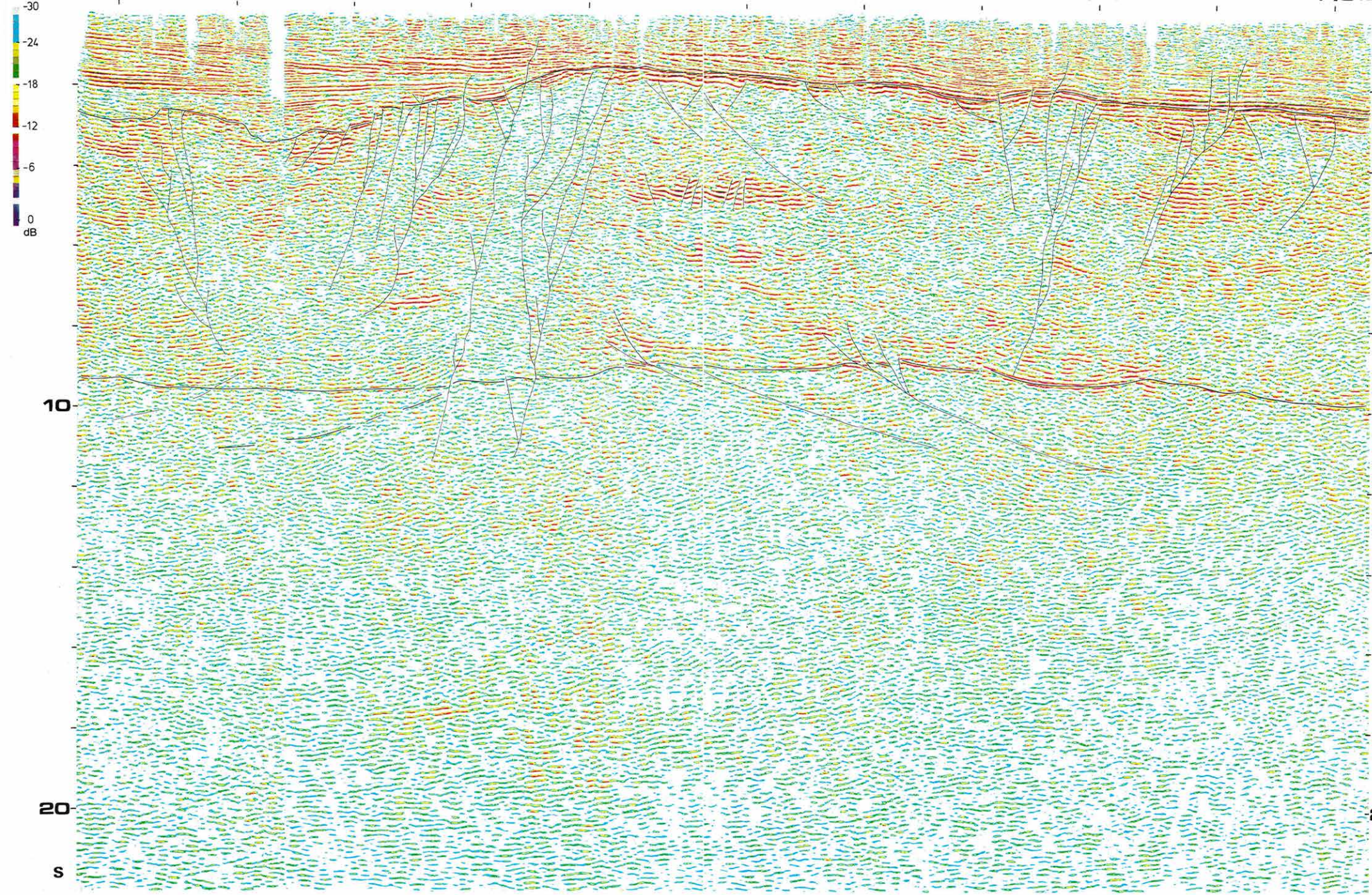
10

20

20

s

s



*Melléklet. A Pannon Geotraversez mért mélyreflexiók időszelvénye 110 km
hosszú, migrált részlete (Kömlő és Doboz között)*
*Encl. The 110 km long Kömlő- Doboz section of the migrated deep reflection
seismic time section (Pannonian Geotraverse)*

*Прил. Отрезок Кéмлё-Добоз временного профиля глубинной сейсмо-
разведки МОВ длиной 110 км с миграцией (Паннонский
Геотрaverse)*

