

MAGYAR

Geofizika



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE FOLYÓIRATA
BUDAPEST, 1975. XVI. ÉVFOLYAM, 2. SZÁM

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Varga János</i> : Gamma-karottázs adatok differenciális kiértékelési módszerének pontosság- és stabilitás-becslése	41
<i>Meskó Attila — Kovács Ferenc</i> : Digitális szűréssel felbontott gravitációs anomáliák értel- mezésének problémái	54
<i>M. K. Seguin</i> : Mágneses szelvények itabirit lelőhelyeken, Kanadában	63
<i>Egerer Frigyes</i> : Üledékes kőzetek elektromos fajlagos ellenállásának változása a frekvencia és nyomás függvényében	74
Lapszemle — Könyvszemle	53, 62, 73, 80

MAGYAR GEOFIZIKA

Szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

Szerkesztőség címe: 1368 Budapest, Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9-11. Telefon: 221-285. Levélcím: 1906 Budapest Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

75.758. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Boskovitz A. Gyula

Terjeszti: MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Megjelenik évente hatszor

Megrendelhető egész évre 60,- Ft előfizetési áron, mely összeg a MTESZ 232-90171-2494
csekkzámlájára fizetendő be. Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Gamma-karottázs adatok differenciális kiértékelési módszerének pontosság- és stabilitás-bebecslése

VARGA JÁNOS*

A dolgozat megvizsgálja azt a kiértékelési hibát, mely a gamma-szelvény pontatlan felvétele következtében áll elő, miután a kiértékelésnél kiinduló adatokként a fúrólükszelvényezés eredményei szolgálnak. A pontosságbecslésnél és a hibák számításánál az operátorszámítás fogalmait alkalmazzák, és számítógép használatát is tekintetbe veszik.

A számítások eredményeképpen megállapítható, hogy – gyakorlati jelentőségű feltételek mellett – az elemi rétegben levő hasadóanyag-tartalom meghatározásának relatív hibája nem több, mint 3-szor haladja meg a gamma-sugárzás-intenzitás egyedi méréseinek relatív hibáját.

Рассматривается погрешность интерпретации, возникающая в результате неточной записи кривых ГК, причем при интерпретации в качестве исходных данных используются результаты каротажных работ. При оценке точности и вычислении погрешностей вводится понятие вычисления оператора и учитывается применение ЭВМ.

Полученные результаты вычислений позволяют сделать вывод о том, что при практических условиях относительная погрешность определения содержания радиоактивных веществ в элементарном слое не более чем в три раза превышает относительную погрешность одиночных измерений интенсивности гамма-излучения.

The evaluation error due to an inaccurate gamma profile is dealt with, since the evaluation must rely on the data of well logging. During estimation of the accuracy and the calculation of errors concepts of operational theory are applied and the use of a computer is also taken into account.

As a result of considerations it could be stated that – in case of conditions with practical significance – the relative determination error of the fission material content within an elementary layer surpasses not more than three times the value of the relative error of the individual gamma-intensity measurements.

1. A pontosság becslése operátorok normájával.

A kiértékelésnél kiindulási adatként a fúrólükszelvényezés eredményei szolgálnak. Mint ismeretes, bármely mérés csak bizonyos pontossággal végezhető el. A kiindulási értékek adott pontosságon belüli ingadozása olyan kiértékelési eredményekhez vezethet, amelyek messze meghaladják a megengedett határértékeket.

Vizsgáljuk meg a gamma-szelvény pontatlan felvétele következtében felmerülő kiértékelési hibát. Jelöljük [2] a fúrólük tengelyének két pontjában mért gamma-aktivitás intenzitásértékeit y vektorral. Ekkor az ekvivalens radioaktív elemek keresett koncentrációjának x vektora és a mért y intenzitásértékek közötti összefüggés operátor alakban az alábbiak szerint írható fel:

$$Ax = y, \quad (1)$$

ahol A a (2) egyenletrendszer együtthatóinak mátrixa:

$$\sum_{j=1}^{j=7} \frac{\gamma_j}{\gamma_0} \varrho_{ij} = \frac{J_i \beta}{J^0} + \alpha_{ck} - \beta, \quad (2)$$

ahol γ_j – az elemi réteg fajlagos térfogati gamma-aktivitása (1. ábra),

* Varga János; KGST Titkárság Moszkva

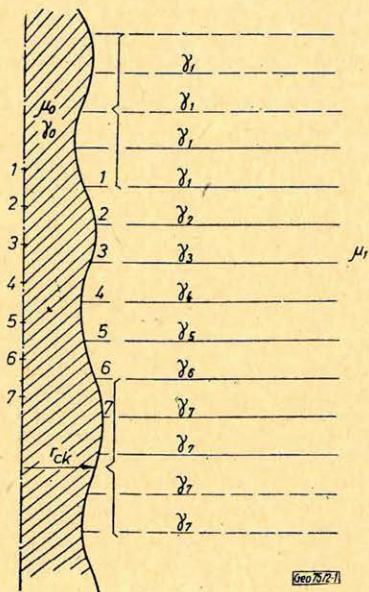
γ_0 – a fúróiszap fajlagos térfogati gamma-aktivitása,
 ϱ_{ij} – annak valószínűsége, hogy a j rétegből foton érkezik a lyuktengely i pontjába (műszerre),

J_i – a fúróluk tengelyének i pontján mért gamma-sugárzás intenzitása,

J^s – hitelesítő mérés a fúróiszapban,

$$\beta = \frac{1}{\mu_0} \int_{\mu_0 r_{pr}}^{\infty} \sqrt{x^2 - \mu_0^2 r_{pr}^2} \frac{e^{-x}}{x} dx,$$

$$\alpha_{ck} = \frac{1}{\mu_0} \int_{\mu_0 r_{ck}}^{\infty} \sqrt{x^2 - \mu_0^2 r_{ck}^2} \frac{e^{-x}}{x} dx,$$



μ_0 – a gamma-sugárzás fúróiszapban való gyengülésének lineáris együtthatója,

μ_1 – a gamma-sugárzás kőzetben való gyengülésének lineáris együtthatója,

r_{pr} – a lyukműszer sugara,

r_{ck} – a fúróluk sugara.

A (2) egyenletrendszer együtthatóinak mátrixa (szemléltetés céljából a ϱ_{ij} együtthatókat megfelelő betűkkel jelöltük) az alábbi szerkezetű:

Geo 5.2.1

1. ábra – puc. – fig.

a	b	c	d			
e	f	b	c	d		
g	b	f	b	c	d	
d	c	b	f	b	c	d
	d	c	b	f	b	g
		d	c	b	f	e
			d	c	b	d

Tételezzük fel, hogy ha az y értékek δy -al növekedtek, akkor az x értékek is δx -el növekedtek, ami operátor- alakban a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$A(x + \delta x) = y + \delta y.$$

Az (1) és (3) rendszerek megoldását az A^{-1} inverz mátrix segítségével fejezzük ki:

$$\begin{aligned} x + \delta x &= A^{-1}y + A^{-1}\delta y, \\ x &= A^{-1}y; \end{aligned}$$

ily módon a

$$\delta x = A^{-1}\delta y.$$

A függvényelemzés ismert összefüggéseinek felhasználásával a δx normára megállapíthatjuk, hogy

$$\|\delta x\| \leq \|A^{-1}\| \cdot \|\delta y\|;$$

hasonlóképpen nyerjük az (1)-ből az

$$\|y\| \leq \|A\| \cdot \|x\|.$$

E két utóbbi kifejezésből kapjuk:

$$\frac{\|\delta x\|}{\|x\|} \leq \|A\| \cdot \|A^{-1}\| \cdot \frac{\|\delta y\|}{\|y\|}. \quad (5)$$

Így tehát ahhoz, hogy felbecsüljük a radioaktív sugárzás-intenzitás mérés-hibája következtében felmerülő kiértékelési relatív hiba normáját, fel kell becslnünk a (2) egyenletrendszer direkt és inverz mátrix-normáinak értékeit.

Az (5) összefüggésből könnyen következik, hogy ha a $\|A\| \cdot \|A^{-1}\|$ kisebb egyenél, a kiértékelési hiba mindig kisebb lesz a gamma-intenzitás mérési hibájánál és fordítva. Nagy $\|A\| \cdot \|A^{-1}\|$ értékek esetében a kiértékelés teljesen megbízhatatlannak bizonyulhat.

2. *A módszer stabilitásának becslése.*

Mint hogy az A mátrix tagjai a μ_0 , μ_1 , r_{ck} értékektől függnnek, amelyeket bizonyos hibával határozunk meg, így az x vektor értékeit is hibával kapjuk. Emellett a bemenő μ_0 , μ_1 , r_{ck} értékek jelentéktelen változásai is teljes mértékben torzíthatják a kiértékelési eredményeket. Az említett sajátosságokkal rendelkező módszereket bizonytalanoknak nevezzük.

Vizsgáljuk meg a δ_x hibának az A mátrix meghatározási hibájától való függését. Ha az A mátrix δA -val növekedett, akkor az x vektor δx -szel növekszik és az alábbi összefüggés áll fenn közöttük.

$$(A - \delta A) \cdot (x + \delta x) = y. \quad (6)$$

Oldjuk fel a (6)-ban levő zárójeleket a mátrix-algebra előírásai szerint és a (6), valamint (1) bal oldalát tegyük egyenlővé. A hasonló tagok rendezése után kapjuk az alábbi egyenletet:

$$-\delta A \cdot x + A \cdot \delta x - \delta A \cdot \delta x = 0. \quad (7)$$

Legyen $\delta A = cA$, ahol $\|c\| = q \ll 1$. Ekkor a (7) egyenlőség az alábbiak szerint alakul:

$$\begin{aligned} A(1-c)\delta x &= c \cdot A \cdot x, \\ \delta x &= A^{-1}(1-c)^{-1}cAx = A^{-1} \cdot A[c(1+c+c^2+\dots)]x = \\ &= A^{-1} \cdot A \cdot \frac{c}{1-c} x. \end{aligned}$$

A kiértékelési hiba normájára érvényes az alábbi összefüggés:

$$\|\delta x\| \leq \|A^{-1}\| \cdot \|A\| \frac{q}{1-q} \|x\|. \quad (8)$$

Feltételezve, hogy $q \ll 1$ és figyelembe véve azt, hogy $q = \|A^{-1}\| \cdot \|\delta A\|$, a kiértékelés relatív hibájának becslésére az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\frac{\|\delta x\|}{\|x\|} \leq \|A\| \cdot \|A^{-1}\|^2 \|\delta A\|. \quad (9)$$

A (9) összefüggésből látható, hogy a módszer megbízhatósága nemcsak a (2) egyenletrendszer direkt és inverz mátrixa normájától, hanem a δA mátrix normájától is függ.

3. A módszer kumulatív pontosságának becslése

A gamma-sugárzás intenzitásának mérési pontatlanságaiból, valamint a (2) egyenletrendszer mátrix elemeinek meghatározásából eredő kiértékelési hibák határozzák meg a módszer gyakorlati kumulatív hibáját.

A kumulatív hiba értékének becslésére az alapegyenletet operatív formában az alábbiak szerint írhatjuk fel:

$$(A - \delta A)(x + \Delta x) = y + \delta y. \quad (10)$$

Legyen $\delta A = cA$, ahol $\|c\| = q \ll 1$;

ezen esetben:

$$x + \Delta x = A^{-1} \cdot (1-c)^{-1} \cdot (y + \delta y) = A^{-1}y + A^{-1} \frac{c}{1-c} y + A^{-1} \frac{1}{1-c} \delta y.$$

Figyelembe véve, hogy $x = A^{-1}y$,

$$\Delta x = A^{-1} \left[\frac{c}{1-c} \cdot y + \frac{1}{1-c} \delta y \right]. \quad (11)$$

A továbbiakban a (11) egyenlet jobb oldalát x -el megszorozva és elosztva és figyelembe véve, hogy $y = Ax$, az alábbi egyenletet kapjuk:

$$\Delta x = A^{-1}x \left[\frac{c}{1-c} A + \frac{1}{1-c} A \frac{\delta y}{y} \right].$$

A Δx normára felírhatjuk, hogy

$$\|Ax\| \leq \|A\| \cdot \|A^{-1}\| \cdot \|x\| \left[\frac{q}{1-q} + \frac{1}{1-q} \frac{\|\delta y\|}{\|y\|} \right].$$

A relatív hibára felírhatjuk, hogy:

$$\frac{\|Ax\|}{\|x\|} \leq \|A\| \cdot \|A^{-1}\| \cdot \left[\frac{q}{1-q} + \frac{1}{1-q} \cdot \frac{\|\delta y\|}{\|y\|} \right]. \quad (12)$$

Figyelembe véve, hogy

$$q = \|c\| \leq \|A^{-1}\| \cdot \|\delta A\|$$

és, hogy $q \ll 1$, az alábbi egyenlethez jutunk:

$$\frac{\|Ax\|}{\|x\|} \leq \|A\| \cdot \|A^{-1}\| \left[\|A^{-1}\| \|\delta A\| + \frac{\|\delta y\|}{\|y\|} \right]. \quad (13)$$

Nem nehéz megállapítani, hogy a (13) egyenlet jobb oldala az (5) és (9) egyenletek jobb oldalainak összegét tartalmazza.

Íly módon a gamma-intenzitás mérési pontatlanságaiból, valamint az A mátrix-elemek meghatározásából adódó, mind kumulatív, mind részhibák tekintetében fel kell becslülni a $\|A\|$, $\|A^{-1}\|$ és $\|\delta A\|$ értékeket.

Ezen értékeket a következő fejezetben vizsgáljuk.

4. Az A és A^{-1} mátrixok normájának becslése

Az inverz mátrix meghatározása szerint, annak a_{ij}^{-1} tagjai két determináns viszonyát képezik. A számlálót az alap-mátrix a_{ij} eleme algebrai kiegészítésének nevezzük és az i -edik sornak, valamint a j -edik oszlopnak e mátrixból való törléséből képezzük. A nevező az alap-mátrix determinánsa. Mivel a nevező az inverz mátrix valamennyi tagjában azonos, tényezőként kiemelhető:

$$A^{-1} = \frac{1}{|A|} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & \dots & A_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & A_{n3} & \dots & A_{nn} \end{pmatrix}, \quad (14)$$

ahol A_{ij} az alap-mátrix a_{ij} elemének algebrai kiegészítése.

Így például, az A mátrix a_{32} elemének algebrai kiegészítése hatodrendű determinánsként írható fel

$$\begin{vmatrix} a & c & d & 0 & 0 & 0 \\ e & b & c & d & 0 & 0 \\ d & b & f & b & c & d \\ 0 & c & b & f & b & q \\ 0 & d & c & b & f & e \\ 0 & 0 & d & c & b & a \end{vmatrix}.$$

Jelöljük az algebrai kiegészítésekből álló mátrixot Q -val. Normájának a Richter- [5] féle becslés felel meg:

$$\|Q\| \leq \left(\frac{1}{n}\right)^{\frac{n-2}{n}} \|A\|^{n-1}, \quad (15)$$

ahol n – az A alap-mátrix rendje. A (14) és (15) figyelembevételével az A^{-1} mátrix normájára érvényes lesz:

$$\|A^{-1}\| \leq \frac{1}{|\Delta|} \left(\frac{1}{7}\right)^{\frac{5}{7}} \|A\|^6. \quad (16)$$

Ahhoz, hogy a (16) becslést az alap-mátrix elemeivel fejezhessük ki, az A mátrix normájának becslését felül, a Δ determináns alulról való becslését kell megkeresnünk.

A Richter-féle bizonyítás az

$$\|A\| = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$$

mátrix euklideszi normáját használja fel.

Kiértékelési modellünk [2] geometriai sajátosságaiból kiindulva, az A mátrix tagjaira a következő összefüggések írhatók fel:

$$a = f + b + c + d;$$

$$e = b + c + d;$$

$$g = c + d.$$

A továbbiakban, ha feltételezzük, hogy

$$f > 2(b + c + d), \quad (17)$$

úgy a $\|P\|^2$ -re a következő értékeket nyerjük:

$$\begin{aligned} \|A\|^2 &= 2(f + b + c + d)^2 + 2(b + c + d)^2 + 2(c + d)^2 + \\ &+ 8d^2 + 8c^2 + 10b^2 + 5f^2 \leq 7[f + 2(b + c + d)]^2, \end{aligned}$$

vagy

$$\|A\| \leq \sqrt{7} [f + 2(b + c + d)]. \quad (18)$$

Térjünk most rá a mátrix Δ determinánsának becslésére. A (17) feltétel teljesítése esetén az A mátrix determinánsa domináló főátlójú determináns lesz, vagyis azzal a tulajdonsággal rendelkezik, hogy bármely i esetében

$$a_{ii} > \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n a_{ik}. \quad (19)$$

Az ilyen determinánsokra érvényes a Koteljanszki-[1]féle becslés:

$$|\Delta| > \prod_{i=1}^n S_i, \quad (20)$$

$$S_i = a_{ii} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n a_{ik}.$$

Az A mátrix szerkezete folytán

$$\begin{aligned} S_1 &= S_7 = a - (b + c + d) = f, \\ S_2 &= S_3 = S_4 = S_5 = S_6 = f - 2(b + c + d). \end{aligned}$$

Így a mátrix determinánsának alulról történő becslésére kapjuk, hogy

$$|A| > |f^2 \cdot [f - 2(b + c + d)]^5|. \quad (21)$$

Ha a (16)-ba behelyettesítjük az $\|A\|$ becslését felülről (18) és a $\|A\|$ becslését alulról (21), az A^{-1} normára kapjuk, hogy:

$$\|A^{-1}\| \leq \left(\frac{1}{7} \right)^{\frac{5}{7}} \frac{7^3 [f + 2(b + c + d)]^6}{|f^2 [f - 2(b + c + d)]^5|.} \quad (22)$$

A (18) kifejezés azt mutatja, hogy a gamma-fotonoknak az elemi rétegekből a műszerre való érkezési valószínűsége növelésével növekszik az $\|A\|$ érték és fordítva. Következésképpen, az elemi rétegvastagságok növekedésével növekszik az $\|A\|$, a fúróluk sugarának és a gamma-sugárzás gyengülési effektív lineáris együtthatójának növelésével pedig $\|A\|$ csökkenést mutat.

A (22) kifejezés vizsgálata azt mutatja, hogy $\|A^{-1}\|$ -nek minimuma nincsen. Az f érték növekedésével a függvény csökken, azonban annak értéke még a legkedvezőbb viszonyok között sem süllyed 0 alá.

A (18) és (22) becslések eléggé durvák és az $\|A\|$, valamint $\|A^{-1}\|$ értékek f , b , c és d -től való végigvezetésének minőségi karakterisztikáit adják meg csupán. Ezzel kapcsolatban az $\|A\|$ és $\|A^{-1}\|$ értékek számítását a μ_0 , μ_1 , r_{ck} és h különböző összefüggéseire célszerű számítógép segítségével végezni.

A δA mátrix normája analitikailag is megkereshető, vagyis megkereshetjük az A mátrix a , b , c , d , e , f és g elemeinek differenciálhányadosait, majd megszerkeszthetjük a δA -t. Ezen út azonban nagyon bonyolult. Sokkal egyszerűbb volt $\|\delta A\|$ -t az $\|A\|$ és $\|A^{-1}\|$ kiszámításával párhuzamosan elektronikus számítógép segítségével kiszámítani, egy program keretében.

5. Az A^{-1} és A mátrix normájának értékelése (becslése) számítógéppel

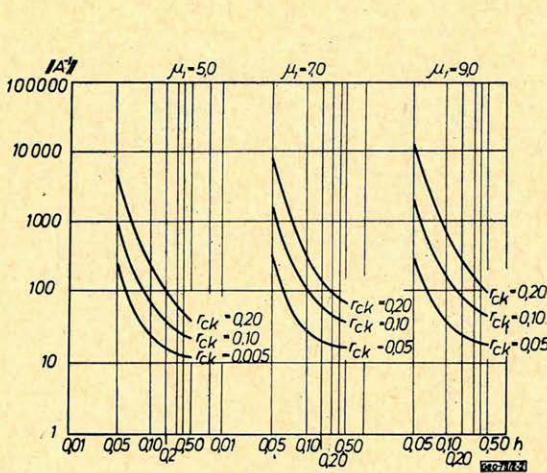
Amint a fentiekben bemutattuk, a kiértékelés pontosságát és megbízhatóságát az A mátrix, az A^{-1} inverz mátrix és δA növekmény mátrixának normaértékei határozzák meg. A (18) és (22) becslések elég durvák. Ezért az $\|A\|$, $\|A^{-1}\|$ és $\|\delta A\|$ becslések r_{ck} , h , μ_1 és μ_0 -tól való függőségének elemzésére speciális program készült, amelynek felhasználásával különböző r_{ck} , h , μ_1 és μ_0 értékek mellett számítottuk ki az A mátrixot, az A^{-1} inverz mátrixot, a δA növekmény-mátrixot és azok normáit.

A mátrix normájaként az ún. „*köb-normát*” [4] fogadtuk el:

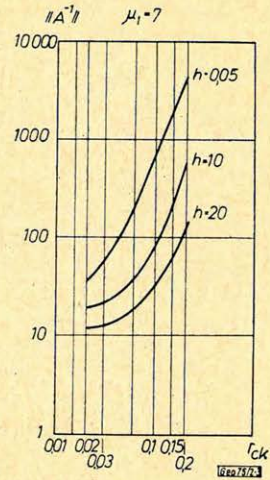
$$\|B\| = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{k=1}^n |b_{ik}|. \quad (23)$$

Így a bevezetett mátrix-normának az x vektortérben is a „kőb-norma” felel meg:

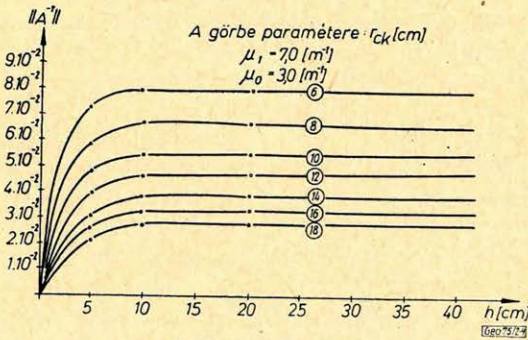
$$\|x\| = \max_{1 \leq i \leq n} |x_i|. \quad (24)$$



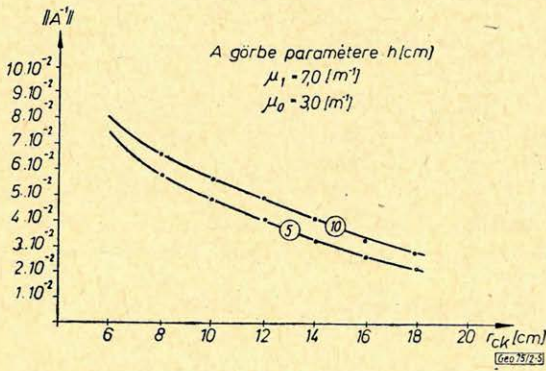
2. ábra – puc. – Fig.



3. ábra – puc. Fig



4. ábra – puc. – Fig.



5. ábra – puc. – Fig.

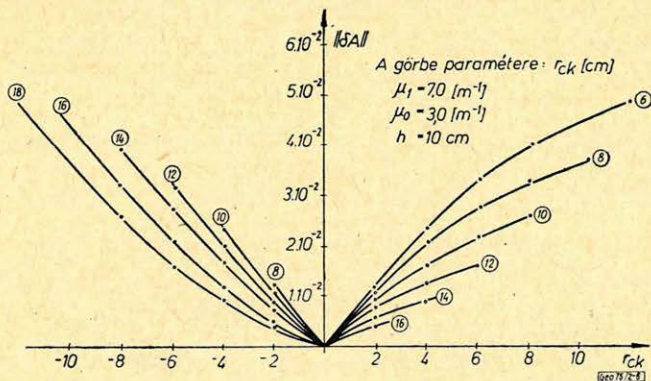
A 2. ábrán látható az $\|A^{-1}\|$ és a h közötti összefüggés különböző (r_{ck} és μ_1 , $\mu_0 = const$) értékek mellett.

A 3. ábrán az $\|A^{-1}\|$ az r_{ck} függvényében szerepel különböző h és $\mu_1 = 7$ ($\mu_0 = const$) értékek mellett.

Könnyen belátható, hogy az A^{-1} norma aszimptotikusan tart egy 10-nél nem kisebb érték felé, a paraméterek bizonyos aránya mellett pedig eléri a 10 000 is.

A 4. ábrán látható az $|A|$ és a h elemi rétegvastagság közötti összefüggés különböző r_{ck} értékekre vonatkoztatva. Az ábrán látható, hogy amennyiben az elemi réteg vastagságát 10 cm fölé növeljük, az $\|A\|$ érték állandósul, a fúróluk sugarának növelésével pedig az $\|A\|$ érték viszonylag gyorsan csökken. Ez utóbbi jól megfigyelhető mind a 4., mind az 5. ábrán.

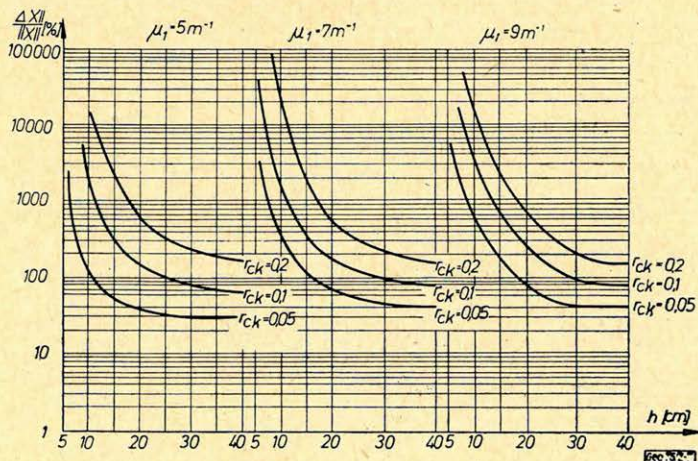
A 6. ábrán látható a $\|\delta A\|$ és a fúróluk sugarának változása közötti összefüggés. Az ábrából kitűnik, hogy a $\|\delta A\|$ érték, az r_{ck} értékek reális intervallumában nem haladja meg a $0,6 \cdot 10^{-2}$ értéket.



6. ábra. — puc. — Fig.

A kiértékelés kumulatív viszonylagos hibájának becslésére meg kell határozni a $\frac{\|\delta y\|}{\|y\|}$ értékeket is. Ennek mértékéül a fúrólukban mért gamma-intenzitás maximálisan megengedett egyedi mérés hibájának kétszeresét vesszük, ami $\frac{\|\delta y\|}{\|y\|} = 0,20$ -nak felel meg.

Íly módon rendelkezésünkre áll a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ kiértékelési relatív összes hiba becsléséhez szükséges valamennyi adat.

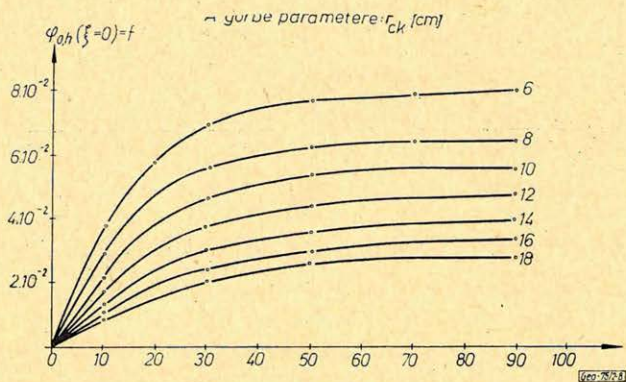


7. ábra — puc. — Fig

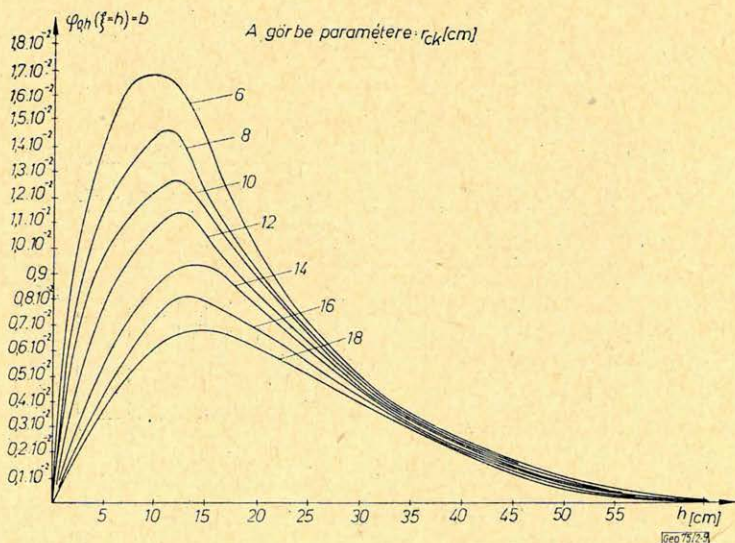
A 7. ábra szemlélteti a különböző (r_{ck} és μ_1 , $\mu_0 = 3 \text{ m}^{-1}$, $2L = 4 \text{ cm}$) értékek mellett, a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ és a h közötti összefüggést.

Amint az a görbéből kitűnik, a kiértékelés relatív hibaértéke nagy mértékben függ a h , r_{ck} és μ_1 értékektől. Az elemi rétegvastagság 20 cm -ig való növelésével a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ erősen csökken, a h további növelése a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ érték viszonylag gyengébb csökkenéséhez vezet. Az r_{ck} és μ_1 értékek növelésével a kiértékelési hiba megnő.

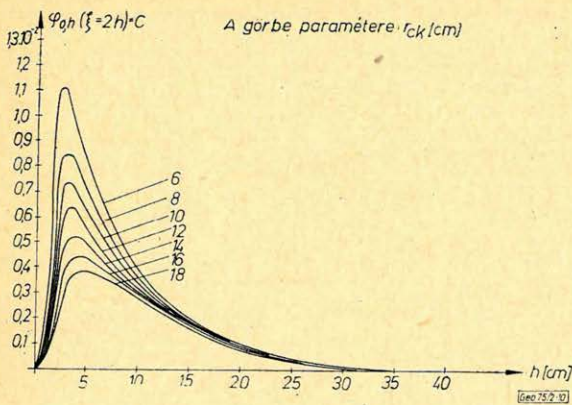
Az $r_{ck} \ll 0,10\text{ m}$, $\mu_1 = 9\text{ m}^{-1}$ és $h \geq 0,20\text{ m}$ paraméterértékek mellett a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ értékek nem lépik túl a 100% -ot.



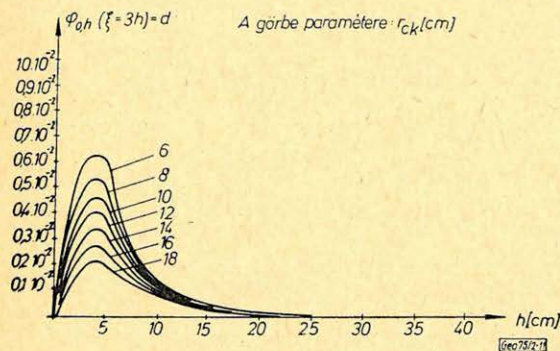
8. ábra — puc. — Fig.



9. ábra — puc. — Fig.



10. ábra - puc. - Fig



11. ábra - puc. - Fig.

A 8., 9., 10., 11. ábrák szemléltetik az A mátrix elemeinek h -tól való függését különböző r_{ck} ($\mu_1 = 7 \text{ m}^{-1}$, $\mu_0 = 3 \text{ m}^{-1}$, $2 L = 4 \text{ cm}$) értékek esetében. Ezen görbékét használtuk fel a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ értékek kézi számításánál.

Fizikai elképzelésekből kiindulva nyilvánvaló, hogy a gammakarottázsadatok differenciál módszerének pontossága a kiértékelési-sémában szereplő rétegek számától függ. Öt- és háromréteges sémák esetében az A mátrixok az alábbiak szerint alakulnak:

$f+b+c$	b	c	0	0
$b+c$	f	b	c	0
c	b	f	b	c
0	c	b	f	$b+c$
0	0	c	b	$f+b+c$

$f+b$	b	0
b	f	b
0	b	$f+b$

A (13) egyenletből látható, hogy a $\frac{\|\Delta x\|}{\|x\|}$ értéket a gamma-intenzitásmérés

és alap-mátrix elemeinek azonos pontossággal történő meghatározása mellett az alapegyenlet direkt és inverz mátrixjainak normaértékeivel kell meghatározni.

A (15) kifejezés szerint azonban az A^{-1} inverz-mátrix normáját az A direkt-mátrix és alapegyenlet Δ determinánsa segítségével becsüljük.

A (23) meghatározás szerint a hét-, öt- és háromréteges séma direkt mátrixainak normájára az alábbi összefüggéseket kapjuk:

$$\|A\|_7 = f + 2(b + c + d),$$

$$\|A\|_5 = f + 2(b + c),$$

$$\|A\|_3 = f + 2b.$$

Következésképpen $\|A\|_7 > \|A\|_5 > \|A\|_3$.

A megfelelő determinánsok részére a Koteljanszki-féle becsléssel kapjuk, hogy

$$|\Delta|_7 > |f^2[f - 2(b + c + d)]^5|;$$

$$|\Delta|_5 > |f^2[f - 2(b + c)]^3|;$$

$$|\Delta|_3 > |f^2 f^2(f - 2b)|.$$

Következésképpen

$$|\Delta|_7 < |\Delta|_5 < |\Delta|_3$$

Figyelembe véve a (13) és (16) kifejezéseket, következik, hogy

$$\frac{\|Ax\|}{\|x\|} \Big|_7 > \frac{\|Ax\|}{\|x\|} \Big|_5 > \frac{\|Ax\|}{\|x\|} \Big|_3.$$

Így tehát egyébként azonos feltételek mellett a háromréteges séma pontossága mind nagyobb az ötréteges pontosságánál és ennek megfelelően az ötréteges sémáé nagyobb a hétrétegesénél. A sémában szereplő rétegek számát azonban az elemi rétegvastagsággal kapcsolatos fizikai feltételekből határozzuk meg, vagyis a pontosság és differenciáltság fordított arányban áll egymással.

A fenti számításoknál feltételezzük, hogy a fúrólyukakat csak fúróiszap tölti ki, amelynek lineáris abszorpciós együtthatója 3.0 m^{-1} .

Abban az esetben, ha a fúrólyuk beléscsővezetett és cementezett, akkor nyilvánvaló, hogy a fúrólyuk tényleges lineáris abszorpciós (gyengülési) együtthatója nagyobb lesz, mint csak a fúróiszappal kitöltött fúrólyuk esetében.

Egyébként azonos feltételek mellett ez a kiértékelés pontosságának csökkenéséhez vezet.

Ez a körülmény fizikai szempontból teljesen nyilvánvaló, mivel a fúrólyuk elnyelőképességének fokozódásával növekszik az elsődleges információvesztés és ezáltal a kiértékelés megbízhatóságának is csökkennie kell.

Ha figyelembe vesszük azonban, hogy mi a hibákat felülről értékeltük, úgy nyilvánvaló, hogy a tényleges kiértékelési hiba mindig alacsonyabb lesz, mint a 7. ábrán feltüntetett relatív hiba.

Elegendő megemlíteni, hogy a $\|\delta A\|$ értékeket mi a $\frac{\Delta A}{r_{ck}}$ arányaként határoztuk meg, vagyis úgy véltük, hogy a fúróluk sugarát ± 1 cm-es pontossággal kell meghatározni, amellelt korszerű lyukszelvényező (KM-1) lehetővé teszik a fúróluk átmérőjének $\pm 0,5$ cm-es pontossággal való mérését.

Csak ezen utóbbi tényező figyelembe vétele több, mint felére csökkenti az általunk nyert relatív hibákat.

Ily módon megállapítható, hogy $h \geq 20$ cm, $\mu_1 \leq 9$ m⁻¹, $r_{ck} \leq 10$ cm és $2 L \leq 4$ cm mellett az elemi rétegben levő hasadónyersanyag-tartalom meghatározásának relatív hibája nem több, mint 3-szor haladja meg a gamma-sugárzás-intenzitás egyedi méréseinek relatív hibáját.

IRODALOM

- [1] *Berezin J. S., Zsilkov N. P.*: Metodi vicsiszlenij I – II. „Nauka”, Moszkva, 1966.
- [2] *Varga J.*: Gamma-karotázs adatok fúrólukátmérő, fúróoldat és köztetsűrűség-figyelembevető értelmezése számítógép felhasználásával. *Magyar Geofizika*, XII. 3., 1972.
- [3] *Volódin K. J. – Rossin J. V.*: O vlijanii progresnosztej na rezultáti differenciálnoj interpretácii gamma-karotážsa. „Atomnaja energija”, T. 27. vip. 27. Atomizdat, Moszkva, 1969.
- [4] *Gantmaher, F. R.*: Teorija matric. „Nauka” Moszkva, 1967.
- [5] *Rihter R.*: Zamecsanija o norma obrátnoj matrici. *Arch. Math.* 5. No 4 – 6, 1954.
- [6] *Reszler R.*: Novij metod interpretacii rezultátov gamma-karotážsa. *Atomnaja energija*, T. 26. vip. 4. „Atomizdat”, Moszkva, 1969.

Lapszemle

Kőolaj- és Gázipari Tájékoztató, 1974. 1. sz.

Az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt és a NIMDOK közös kiadása, litografált kiadvány, 118 old. Szerkesztették: Varga József, Binder Béla és Varga Géza, számos munkatárssal. A hazai közlemények c. fejezetben Rumpler János számol be a „Geofizikai Kutatási Üzem” 1973. évi tevékenységéről és jövő feladatairól (61 – 65 old.).

A hazai természettudományi és műszaki folyóiratok (különös tekintettel az MTESZ és tag-egyesületeinek folyóirataira)

Tájékoztatói Tudományos Társaság, Budapest, 1973. Összeállította *Dr. Dörnyei Sándor*. Litografált kiadvány, 138 old.

A tanulmány a Magyar Folyóiratok Repertóriumát használja statisztikai bázisul. Nagyon érdekesek azok a vizsgálódások, amelyek közlemények, cikkek szóródását mutatják be különböző folyóiratokban.

Elégge meglepő eredményt ad a Magyar és idegennyelvű magyar természettudományi folyóiratok számának, közleményeinek, terjedelmének összehasonlítása is. Feltűnő az idegennyelvű folyóiratok nagy száma. Nagyon hasznosnak kell tekinteni az összeállítás ágazati struktúrákhoz alkalmazkodó módszerét, mellyel lehetővé válik a népgazdasági tudományos kutatási intézmények, hatóságok és vállalatok folyóiratkiadásának összevetése.

A tanulmány kitűnő összefoglalása a vizsgálat területen megjelenő magyar folyóiratok mennyiségi mutatóinak.

T. G.

Digitális szűréssel felbontott gravitációs anomáliák értelmezésének problémái*

MESKÓ ATTILA – KOVÁCS FERENC**

A Bouguer anomáliatérképekből digitális szűréssel előállított reziduáltérképek értelmezésével kapcsolatban

- bemutatunk néhány alkalmazási példát (Szeged, Komádi, Kiskunhalas ÉK), ahol a reziduálokat szeizmikus mérések és mélyfúrási adatok eredményeivel hasonlítjuk össze;
- rámutatunk az interpolációs hiba szerepére, mind modellszámítások mind tényleges mérési anyag felhasználásával,
- ismertetjük azokat az eljárásokat, melyek a szűrés paramétereinek meghatározásában, illetve az eredmények értelmezésében szerepet kaphatnak (spektrális és korrelációs analízis, adott geológiai modellnek megfelelő gravitációs anomáliákép számítása).

Рассматриваются возможности применения цифровых фильтров с двумя переменными с учетом нижеследующих аспектов:

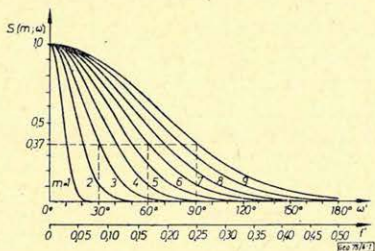
- Требования к системе входных данных (теория выборок и связанные с этим последствия).
- Спектральные особенности различных компонентов полей, разложенных посредством фильтрации.
- Связь отфильтрованного аномального поля силы тяжести с фактической геологической моделью.

Проведенные исследования дают полезную информацию для интерпретации остаточных аномалий, получаемых при цифровой фильтрации. Для иллюстрации теоретических соображений приводятся модели и примеры проведенных на практике наблюдений и обработки данных.

Some aspects of the applications of two-dimensional digital filters are discussed including

- Requirements on input data (sampling theorem and its consequences)
- Spectral properties of various components to be separated by the filter
- Connection between realistic geological models and filtered gravity fields due to these models.

The investigations yield useful informations to the interpretation of residual fields obtained by digital filters. Models as well as several practical examples from routine processing are given to illustrate theoretical considerations.



1. ábra. Regionális szűrők átviteli függvényei
 Рис. 1 Характеристика региональных фильтров
 Fig. 1. Transfer functions of regional filters

Bevezetés

A kétváltozós, numerikus szűrés alkalmazásáról gravitációs térképek átalakításában a lipcei szimpóziumon (1967) számoltunk be először. (Meskó, 1968.) Akkor javasoltuk irányfüggetlen, Gauss-görbével leírt átviteli függvények alkalmazását. Az 1. ábrán láthatjuk az 1967-ben bemutatott átviteli függvényeket. A javaslat akkor elméleti megfontolásokon

* Elhangzott 1974. szeptemberben a XIX. Szimpóziumon Torunban

** Meskó Attila; Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszék, Budapest.

Kovács Ferenc: Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Geofizikai Kutató Üzem, Budapest

(a jólismert határozatlansági reláció kétváltozós általánosításán) és modelszámításokon alapult.

A gyakorlati feldolgozás igazolta az átviteli függvények választásának helyességét. Az 1972. évi Karlovy Varyban tartott szimpóziumon már több olyan területről számolhattunk be, ahol a szűrőkkel kapott reziduáltérképek jelentősen hozzájárultak egy nagyobb sűrűségű geológiai felület lokális ingadozásainak megismeréséhez. A nagyobb sűrűségű összlet határfelülete magyarországi kutatási feladatok esetén többnyire a pannon üledékek és a paleozoós vagy mezozoós medencealjzat határa.

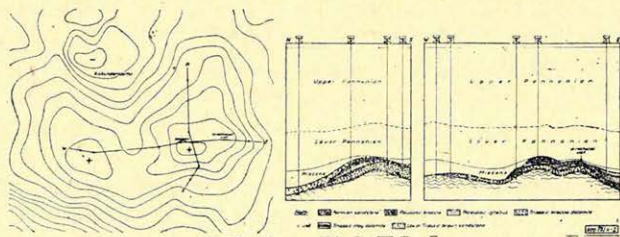
Beszámoltunk arról, hogy a szűrők közül az $m = 2$, $m = 3$ és $m = 4$ paraméterű alulvágók és szükség esetén ezek valamelyikéhez kapcsolódóan az $m = 9$ paraméterű felülvágó adja a legjobb eredményeket.

A reziduáltérképek három fő alkalmazási területét említettük meg:

1. Szeizmikus mérések tervezése
2. Integrált értelmezés
3. Önálló kutatómódszer (olyan területen, ahol szeizmikus mérések nem végezhető)

Gravitációs reziduáltérképek és geológiai felépítés összehasonlítása (két példa)

A reziduáltérkép gyakorlati hasznosságának talán legmeggyőzőbb példája a Szeged környéki szénhidrogén-mező felfedezése. Itt a kutatófúrások telepítésében elsősorban a gravitációs reziduáltérképeket kellett felhasználni. A város közelsége miatt szeizmikus mérések végzésére nem volt lehetőség. A területhez kapcsolódik a 2. ábra, melyen már a legújabb fúrások alapján meghatározott geológiai eredményeket is láthatjuk. Az ábra bal oldala az $m = 2$ szűrővel kapott reziduáltérkép. Ezen feltüntettük a földtani szelvények nyomvonalát. A két földtani szelvényt az ábra jobb oldali részén mutatjuk be.



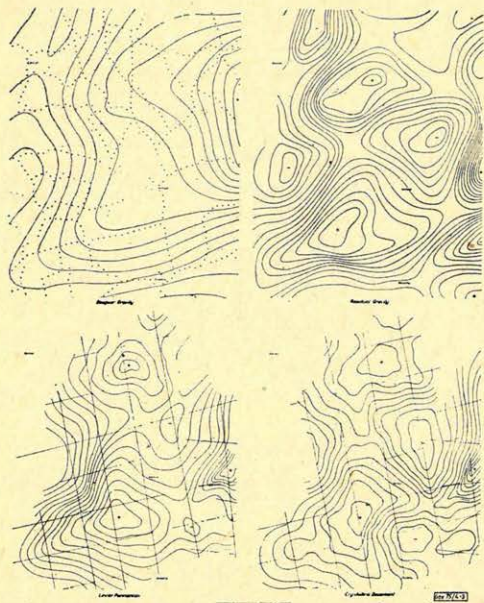
2. ábra. Szeged és környéke kutatási területének reziduáltérképe (baloldali ábra); geológiai szelvények és reziduálanomáliák (szaggatott vonallal) a baloldali térképen feltüntetett nyomvonalak mentén (jobboldali ábra)

Рис. 2. Карта остаточных аномалий района работ Сегед (левый рисунок); геологические разрезы и остаточные аномалии (пунктирные линии) по трассам, указанным на левом рисунке (правый рисунок)

Fig. 2. Residual map of the investigated area at and around Szeged (on the left); geological profiles and residual anomalies (broken lines) along the traces shown on the map at left (on the right)

A gravitációs reziduáltérkép és a reflexiós szeizmikus módszerrel kapott alsópannon fekvő és kristályos medencealjzat mélységtérképeinek összehasonlítása végezhető el a 3. ábrán. A gravitációs Bouguer anomáliakép a felső bal oldali ábrán, az $m = 4$ paraméterű szűrővel kapott reziduáltérkép a felső jobb oldali ábrán látható. Az alsópannon fekvő, illetve a kristályos medencealjzat

mélységtérképeit az alsó bal-, illetve jobb oldali ábrák mutatják. A szűrt gravitációs térkép 1972 tavaszán készült, a szeizmikus méréseket 1973-ban végezték.



3. ábra. Gravitációs és szeizmikus eredmények Komádi kutatási területen

bal felső ábra: Bouguer-anomália térkép
 jobb felső ábra: reziduálanomália kép
 bal alsó ábra: alsópannon fekvő mélysége
 jobb alsó ábra: medencealjzat mélysége

Рис. 3. Результаты гравиметрических и сейсмических работ в районе работ Комádi сверху налево – карта аномалий Бугре сверху направо – карта остаточных аномалий снизу налево – глубина подошвы нижнего паннона снизу направо – глубина залегания основания бассейна

Fig. 3. Gravitation and seismic results on the investigation area of Komádi: above to the left: map of Bouguer anomalies; above to the right: map of residual anomalies; below to the left: depth of lower-Pannonic base; below to the right: depth of the base rock of the basin

Követelmények a bemenő adatrendszerrel szemben (Interpolációs hiba)

Már az első közleményeinkben (Kovács, 1970, Kovács–Meskó, 1971) felhívtuk a figyelmet arra, hogy a szűrés akkor lehet igazán eredményes, ha a bemenő adatrendszer kellő sűrűségű és pontosságú. Több év gyakorlati munkája igazolta, hogy a négyzethálózatban, 500 méteres állomástávolsággal végzett mérés többletköltségeit a nyert földtani többletinformáció sokszorosán visszatéríti.

Mód van arra, hogy a rendezetlen pontokban (utak mentén) végzett mérések eredményeit szabályos hálózatra interpoláljuk és ezen hajtsuk végre a szűrést, de ez szükségképpen információvesztéssel jár. Azt is megtehetjük, hogy a megrajzolt Bouguer-térképet digitalizáljuk. Itt a kézi simítás önkényessége, a térképet szerkesztő geofizikus szubjektív döntései okozhatnak hibákat. Természetesen sokszor kényszerültünk arra, hogy így készítsük elő az adatrendszert és a szűrés eljárás ekkor is jobb eredményeket ad, mint más átalakítási eljárások. Kívánatos azonban, hogy minden perspektivikus területen a további feldolgozás szabályos, 500 m állomástávolságú, négyzethálós mérés adatait használhassa fel.

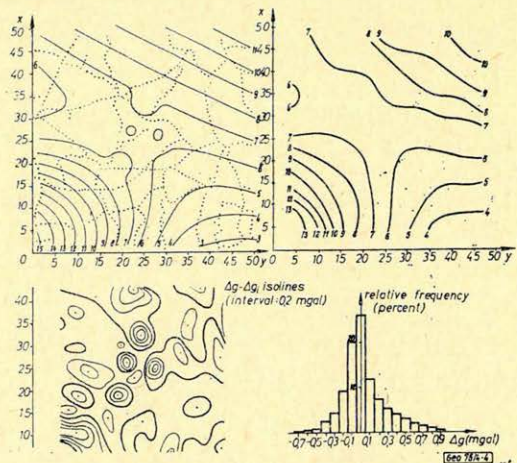
A 4–6. ábrák az interpolációs hiba szerepét mutatják be.

A 4. ábra egy modellszámítás eredményeit mutatja be. A gravitációs térmodellje kétváltozós polinom és ehhez adódó reziduálanomáliák. A kapott térkép az ábrán felül bal oldalon látható. A térképre egy tényleges mérés állomásait helyeztük el. Az állomásokat pontok jelzik. Az értékeket számítottuk ezekben a pontokban – ezzel modelleztük a mérést. A kvázirendezetlen pon-

4. ábra. Az interpolációs hiba modellvizsgálata *bal felső ábra*: Számítási modell térkép és állomások – *jobb felső ábra*: Az állomások adataiból interpolációval előállított térkép – *bal alsó ábra*: eredeti interpolált értékek térképe (azaz interpolációs hiba térkép) – *jobb alsó ábra*: az interpolációs hibák relatív gyakoriságai

Puc. 4. Модельное исследование погрешности интерполяции пунктов наблюдений сверху налево – модельная карта и сверху направо – карта, построенная по данным наблюдений, с интерполяцией снизу налево – карта исходных-интерполированных величин (т. е. карта погрешностей интерполяции) снизу направо – относительная повторяемость погрешностей интерполяции

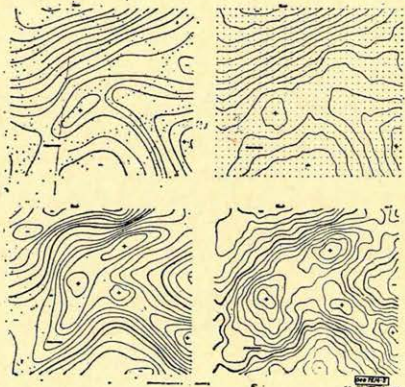
Fig. 4. Model study of the interpolation error: above to the left: Model computation map and stations – above to the right: Map constructed of the data of stations by means of interpolation – below to the left: Map of the original interpolated values (i. e. an interpolation-error – map) – below to the right: Relative frequencies of interpolation errors



5. ábra. Az interpolációs hiba vizsgálata mérési anyagon *bal felső ábra*: utak menti mérések alapján szerkesztett Bouguer-térkép – *jobb felső ábra*: szabályos négyzettrács végzett mérésekből szerkesztett Bouguer-térkép – *bal alsó ábra*: a bal felső ábrán bemutatott Bouguer-térképből számított reziduál – *jobb alsó ábra*: jobb felső ábrán bemutatott Bouguer-térképből számított reziduál

Puc. 5. Изучение погрешности интерполяции на фактическом материале сверху налево – карта аномалий Буге, составленная по измерениям вдоль дорог сверху направо – карта аномалий Буге, составленная по данным измерений, проведенных в регулярной квадратичной сети снизу налево – карта остаточных аномалий, построенная по карте аномалий Буге, представленной сверху налево снизу направо – карта остаточных аномалий, построенная по карте аномалий Буге, представленной сверху направо

Fig. 5. Investigation of the interpolation error on measured data: above to the left: Bouguer map constructed on the base of measurements made along roads – above to the right: Bouguer map constructed on the base of measurements made on a regular quadratic grid – below to the left: Residuals computed from the Bouguer map shown in the figure to the left above – below to the right: Residuals computed from the Bouguer map shown in the figure above to the right –

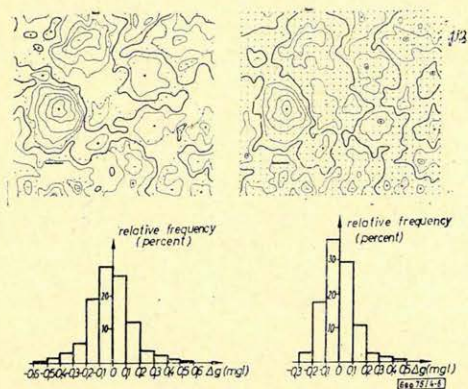


tokban ismert értékekből egy interpolációs program számította a négyzettrács hálózatba felvett értékeket.

A programot Kis K. készítette. Az eljárás részletesebb leírása megtalálható a (Kis K., 1973) munkában. Az interpolálás a felső jobb oldali térképet adta. Az interpoláló program lényegében súlyozott összegezéssel dolgozik, a súlyok a referenciaponttól mért távolság függvényei. Az eltérések az eredeti és interpolált térképek között jól szemlélteti a két térkép különbségtérképe, melyet a bal alsó ábrán mutatunk be. A százalékos eltérések relatív gyakoriságait tüntettük fel az alsó jobb oldali ábrán.

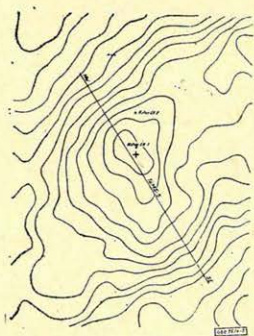
Az 5. és 6. ábrák gyakorlati példát mutatnak be, olyan területről, ahol hagyományos (utak menti) mérésekkel kellett először dolgozni, majd később

négyszéthálóban is végeztünk méréseket. Az ábrák jók mutatják azt is, hogy a szűrés során a relatív eltérések növekszenek. Ez természetes is, hiszen a szűrés célja éppen a finom részletek kiemelése. Az 5. ábra felső részén két Bouguer térkép látható. A bal oldali utak menti, a jobb oldali szabályos hálózatban végzett mérések eredménye. Az alsó két ábra a felettük bemutatott Bouguer térképek adatrendszeréből azonos paraméterű szűréssel kapott reziduáltérképeket mutatja be. Az eltérések világosan láthatók a reziduálokon. A 6. ábra a kvantitatív összehasonlítás eredményeit mutatja. A felső két ábra a Bouguer-anomáliák, illetve a reziduálanomáliák különbségtérképe. Az alsó két ábra az eltérések relatív gyakoriságait tünteti fel.



zováním filtra одинаковой характеристики снизу налево – относительная повторяемость отклонений карт аномалий Буге снизу направо – относительная повторяемость отклонений карт остаточных аномалий

Fig. 6. Deviations between results of measurements made along roads and on a regular grid (starting data shown on Fig. 5.) – above to the left: Difference of Bouguer maps – above to the right: Deviation of residual maps made by means of identical transfer functions – below to the left: Relative frequencies of differences between Bouguer maps – below to the right: Relative frequencies of the differences between residual maps



A 7. ábra a terület egy részének képe (Kiskunhalas ÉK). Itt 1973–74-ben szeizmikus méréseket is végeztek. A térképen feltüntetettük a TAMS-5 szeizmikus vonal nyomvonalát. A részletes mérések alapján készült szűrt térkép értelmezésével megállapítható volt, hogy a bemutatott anomália összetett. A kettős kiemelkedésre utal, hogy az északnyugati és a délkeleti oldalon horizontális gradimensaximumok alakulnak ki (északnyugaton $0,40 \text{ mgal/km}$, dél-

6. ábra. Eltérések szabályos hálózatban és utak mentén végzett mérések eredményei között (kiinduló adatok az 5. ábrán láthatók) bal felső ábra: Bouguer-térképek különbsége – jobb felső ábra: azonos átviteli függvényű szűréssel készített reziduáltérképek különbsége – bal alsó ábra: a Bouguer-térképek közötti eltérések relatív gyakoriságai – jobb alsó ábra: a reziduáltérképek közötti relatív gyakoriságai

Рис. 6. Отклонения результатов наблюдений, проведенных в регулярной сети и вдоль дорог, соответственно (исходные данные представлены на рис. 5. сверху налево – разности карт аномалий Буге сверху направо – разность карт остаточных аномалий, построенных с использованием фильтра одинаковой характеристики снизу налево – относительная повторяемость отклонений карт аномалий Буге снизу направо – относительная повторяемость отклонений карт остаточных аномалий

7. ábra. Szűréssel kapott reziduáltérkép a kiskunhalasi ÉK kutatási területen (az 5. ábra jobb alsó ábrájának részlete), a TAMS-5 szeizmikus vonallal

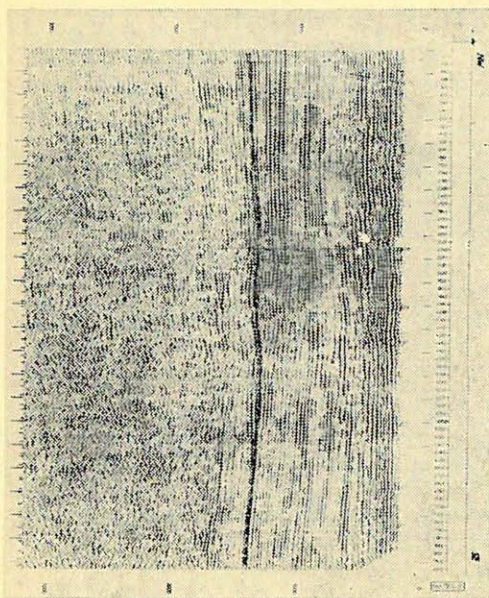
Рис. 7. Карта остаточных аномалий, построенная с фильтрацией в северо-восточной части района работ Кискунхалаш (деталь из карты, представленной на рис. 5 внизу направо), с сейсмическим профилем TAMS-5

Fig. 7. Residual map obtained by means of filtering on the exploration area of Kiskunhalas NE (a part of the right lower section of Fig. 5), together with the seismic line TAMS-5

8. ábra. Szeizmikus időszelvény a TÁMS-5 vonalon

Рис. 8. Сейсмический временной разрез по профилю ТАМС - 5

Fig. 8. Seismic profile on the line TÁMS-5



keleten $0,45 \text{ mgal/km}$). A nagyobb gradiens arra utalt, hogy itt a szerkezet magasabb helyzetű. A 8. ábra a TÁMS-5 szeizmikus időszelvény. Ezen látható, hogy a szerkezet gravitációs értelmezéssel megállapított tulajdonságait a szeizmikus mérések igazolták.

A szűrendő térkép spektrális tulajdonságainak analízise

A szűrésben alkalmazandó paraméterek kiválasztásában és a kapott eredmények értelmezésében egyaránt használhatók a spektrum és a logaritmusos spektrum (cepstrum) analízisek. Hasznosíthatók a kétváltozós autokorrelációs függvények és az ezekből számított iránystatisztika diagramok is. A következő ábrák néhány példát mutatnak ezekre a módszerekre.

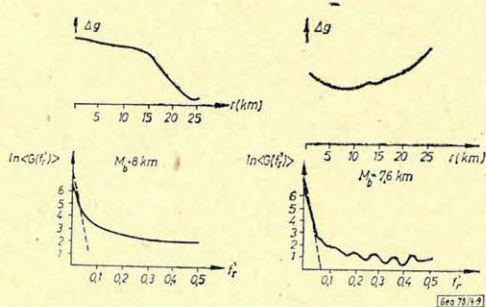
A 9. ábra a szegedi terület néhány szelvényének logaritmusos spektrumát ábrázolja. Az utóbbiból – ismeretes módon – a ható közelítő mélységét becsülhetjük. Megállapítható továbbá az is, milyen frekvenciatartományon várható regionális hatás.

Az analízis eredményeit térben változó paraméterű szűrés elvégzésében hasznosíthatjuk.

9. ábra. A szegedi kutatási terület két Bouguer-anomália szelvénye (felső görbék) és a belőlük számított logaritmusos spektrumok (alsó ábrák)

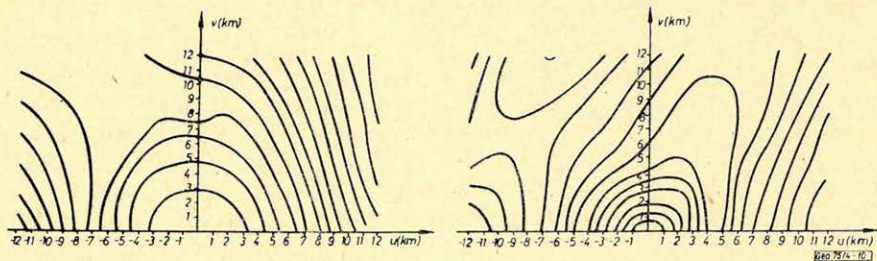
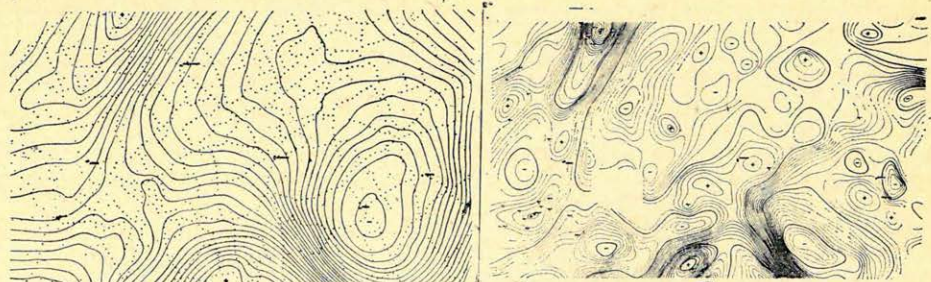
Рис. 9. Две диаграммы аномалий Буге района работ Сегед (верхние кривые) и подсчитанные по ним логарифмические спектры (нижние рисунки).

Fig. 9. Two Bouguer profiles of the exploration area Szeged (upper curves) and logarithmic spectrums computed from them (lower figures)



Autokorrelációs függvény és iránystatisztika

A 10. ábra a Sárvár – Celldömölk kutatási területen végzett autokorrelációs analízis eredményeit mutatja be. A felső ábrákon a Bouguer- és a reziduál-térképek, az alsó ábrákon a megfelelő kétváltozós autokorrelációs függvények



10. ábra. Autokorrelációs analízis a Sárvár – Celdömölk kutatási területen *bal felső ábra*: Bouguer anomália térkép – *jobb felső ábra*: szűréssel kapott reziduáltérkép – *bal alsó ábra*: a Bouguertérkép autokorrelációs függvénye – *jobb alsó ábra*: a reziduáltérkép autokorrelációs függvénye

Рис. 10. Автокорреляционный анализ в районе работ Шарвар-Целдэмэлк сверху налево: карта аномалий Буге сверху направо – карта остаточных аномалий, полученная с фильтрацией снизу налево – автокорреляционная функция карты аномалий Буге снизу направо – автокорреляционная функция карты остаточных аномалий

Fig. 10. Autocorrelation analysis on the exploration area Sárvár – Celdömölk; above to the left: Bouguer anomaly map – above to the right: Residual map obtained by means of filtering – below to the left: Autocorrelation function of the Bouguer map – below to the right: Autocorrelation function of the residual map

11. ábra. A Sárvár – Celdömölk kutatási terület adataiból számított autokorrelációs függvények *felső sor*: a Bouguer-anomália térképből és a regionális anomáliatérképből számított autokorrelációs függvények – *alsó ábra*: a reziduáltérképből számított autokorrelációs függvény

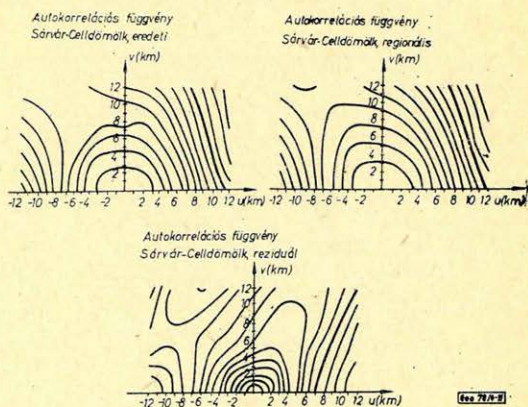


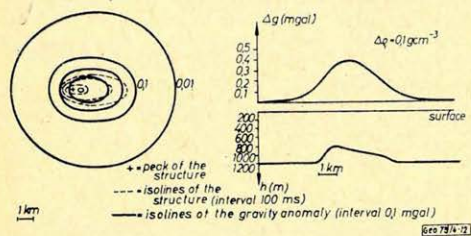
Рис. 11. Автокорреляционные функции, подсчитанные по данным, полученным в районе работ Шарвар-Целдэмэлк наверху – автокорреляционные функции, подсчитанные по карте аномалий Буге и по региональному аномальному полю внизу – автокорреляционная функция, подсчитанная по карте остаточных аномалий

Fig. 11. Autocorrelation functions computed from data of the exploration area Sárvár – Celdömölk; upper row: Autocorrelation functions computed from the Bouguer anomaly map and from the regional anomaly-field – lower figure: Autocorrelation function computed from the residual map

láthatók. Említésre méltó, hogy az autokorrelációs függvényekből eltérő fő szerkezeti irányokra következtethetünk. A 11. ábra alapján ennek oka is megállapítható. Itt a regionális térképből számított autokorrelációs függvényt is bemutatjuk a teljes térkép és a reziduáltérkép autokorrelációs függvényei mellett. Látható, hogy a regionális trendje nyomja el a reziduálok hatását a Bouguer-térkép autokorrelációs függvényén.

Modellszámítások (a gravitációs direkt feladat megoldása) és a szűrési eljárások ellenőrzése

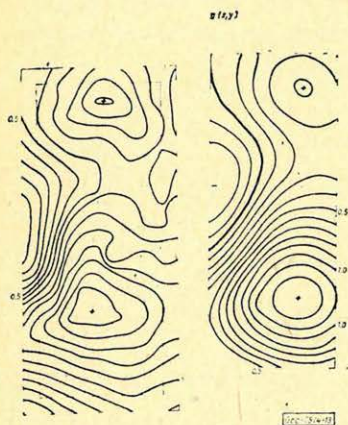
A szűrési módszerek ellenőrzésére és az értelmezés elősegítésére kidolgozott háromdimenziós gravitációs anomália számítási program eredményeinek néhány példáját mutatja be az utolsó két ábra. Mint ismeretes, a kétdimenziós modellezést gyakran használják az integrált értelmezésben. Magyarországon a kétdimenziós modellezés a kutatandó geológiai szerkezetek geometriai tulajdon-



12. ábra. A gravitációs direkt feladat megoldását adó program illusztrálása. A bal oldali ábrán a szerkezet izovonalai (szaggatott vonal) és a gravitációs anomália (Δg) izovonalai láthatók. A szerkezet csúcsát kereszt jelöli. A jobb oldali ábra a szerkezet csúcsán áthaladó szelvényben mutatja be a Δg és a szerkezet felszínének menétét

Puc. 12. Иллюстрация программы для решения прямой гравиметрической задачи. Слева представлены изолинии структуры (пунктирные линии) и изолинии аномалии поля силы тяжести (Δg). Сводная часть структуры отмечена крестиком. На правой стороне показаны профиль, проходящий через сводную часть структуры и поведение поверхности структуры с диаграммой Δg .

Fig. 12. Demonstration of the program furnishing the solution of the gravitational direct problem. On the figure to the left we see the isolines of the structure (broken lines) and the isolines of the gravity anomaly (Δg). The top of the structure is marked by a cross. The figure to the right represents in a profile crossing the top of the structure the march of Δg and of the surface of the structure as well



13. ábra. Reflexió szeizmikus mérésekkel meghatározott felület izovonalai (bal oldal) és a felület mélységingadozásai alapján számított Bouguer-anomália térkép. Feltételeztük, hogy más gravitációs ható nincs. A szerkezet izovonalainak értékkező 100 m, a Bouguer-anomália térkép izovonalainak értékkező 0,1 mgal

Puc. 13. Изолинии поверхности, выделенной сейсморазведочными работами МОВ (слева) и карта аномалий Буге, подсчитанная по изменениям глубины залегания этой поверхности. Предполагалось отсутствие другого возмущающего тела. Селение изолиний – 100 м, а изолиний карты аномалий Буге – 0,1 мгл.

Fig. 13. Isolines of a surface determined by means of seismic measurements (to the left) and the Bouguer anomaly map computed on the basis of oscillations of the depth of the surface. It has been supposed that no other gravitational source be present. Intervals of isolines of the structure: 100 m, and that of the isolines of the Bouguer anomaly map: 0,1 mgal.

sági miatt csak kevés területen alkalmazható. Emiatt gyakorlati feladataink megoldásához háromdimenziós eljárást dolgoztunk ki. A program egyelőre egyetlen sűrűségugrás felülettel kapcsolatos anomáliák számítására alkalmas;

ha a felület 1 km-nél nagyobb mélységű és a felületingadozás nem haladja meg mélységének 25%-át. A program alapelve az, hogy a gravitációs anomália a sűrűséganomália és $Cr_z/|\bar{r}|^3$ alakú függvény konvolúciója. A program a konvolúcióképzést a frekvenciatartományban szorzással végzi el.

A 12. ábra egy felvett modell mélységtérképét és a számított gravitációs anomáliaképet mutatja be, az ábra alsó részén néhány jellegzetes szelvényt is láthatunk. Ezek is illusztrálják azt az – egyébként közismert tény – hogy a gravitációs anomália csúcsa a tömegközéppont felett helyezkedik el, azaz aszimmetrikus szerkezet esetén a kevésbé meredek oldal felé tolódik el.

A 13. ábrán egy szeizmikus mérésekkel meghatározott szerkezet és a számított gravitációs anomáliakép látható.

Következtetések

Az interpoláció utak menti mérésekből szabályos hálózatra aránylag nagy hibákat is okozhat.

Mind a szűrés előkészítésében, mind a szűréssel kapott reziduáltérképek értelmezésében hasznosan alkalmazhatók a spektrum, és logaritmikus spektrum analízisek, az autokorrelációs függvények és modellszámítások.

IRODALOM

- Meskó A. 1968.: Koeffizientenreihen zur linearen Transformation von Schwerekarten. Geophysik und Geologie Folge 13 s. 84 – 87.
- Kovács F. 1970.: Graviméter állomások telepítésével kapcsolatos vizsgálatok a mintavétel-elmélet alapján. Magyar Geofizika, Vol XI No 1 – 2, 66 – 73 old.
- Kovács F., Meskó A. 1971.: Kétváltozós digitális szűrés alkalmazása Bouguer anomália-képek átalakításában. Magyar Geofizika, Vol XII, No 1. 10 – 27. o.
- Kovács F., Meskó A. 1973.: Gyakorlati tapasztalatok a gravitációs térképek átalakításában alkalmazott szűrőkről. Magyar Geofizika, Vol XIV, No 3 – 4, 96 – 102 old.
- Kis K. 1973.: Hálózatosan, szabálytalan távolságú pontokban mért értékek interpolációja (Numerikus szűrés módszerek alkalmazásai c. jegyzet I. 5. fejezet 41 – 60 old.) METESZ kiadás

Könyvszemle

Magyar Hidrológiai Társaság, Fialat hidrológusok II. Találkozója. Miskolc, 1974. május 23 – 24. 1 – 120 old. Litografált kiadvány több, mint 60 vonalas ábrával.

A kiadvány a címben említett ülésen tartott előadások szövegét tartalmazza. Geofizikai szempontból érdekesebb cikkek:

B. Szabó László: Sós vízzel elárasztott karbonátos tárolók geoelektromos kutatásának néhány kérdése. 17 – 21 old.

Csaba László: Karsztvíztípusú árapály- és vízlengésjelenségek a Balatonban. 63 – 69 old.

Herédi Pál: Vízáramlás irányának meghatározása fúrt kút környezetében. 70 – 74 old.

Szabóczky Pál: Rétegvíztermelő kutak vizsgálata. 75 – 80 old.

T. G.

Mágneses szelvények itabirit lelőhelyeken, Kanadában

M. K. SEGUIN*

Mágneses felmérést végeztek mind a felszínen, mind pedig különböző repülési magasságban a Labrador-teknő nyugati részében helyet foglaló számos itabirit lelőhely és kibívás felett. A dolgozatban a mágneses észlelések eredményeit függélyes metszetek alakjában mutatjuk be. Az ilyen információ módot ad arra, hogy a helyszínen optimálisan jelölhessük ki a repülési magasságot és a vonalak egymástól távolságát a légi (ideértve a helikopteres méréseket is) mérések számára, melyeket a jövőben terveznek.

A metszetek alapján meghatározhatjuk az eltakart hatók szélességi kiterjedését, tetejük felszín alatti (illetve az észlelési sík alatti) mélységét, a természetes remanens mágneses komponens relatív fontosságát, és az ércetst természetét (pl. kvarc-magnetit-spekularit, kvarc-spekularit-magnetit, kvarc-magnetit vagy kvarc-spekularit). Számos olyan példa, melyeket itabirit lelőhelyek feletti mérési eredményekből választottak ki, módot nyújt arra, hogy a szűnített paramétereket a tényleges mélységgel, szélességgel és a természetes mágneses remanencia-vektorral összehasonlíthassák. Ezek közül néhányat a dolgozat is bemutat (három itabirit lelőhelyre vonatkozóan: Luce No 1. (Wabush No 10.), Lorraine No 1. és Carol East (Humphrey North)).

На ряде итабритовых залежей и обнажениях в восточной части Лабрадорского грабена были проведены наземные и аэромагнитометрические исследования при разных высотах полета. Результаты магнитометрических наблюдений представлены в виде вертикальных разрезов. Получаемая таким образом информация позволяет определить оптимальное расстояние между полетными маршрутами, а также оптимальные высоты полета при самолетных и вертолетных магнитных съемках как для проводящихся в настоящее время, так и для проектируемых в будущем исследований.

Разрезы также позволяют определить ширину скрытого возмущающего тела, глубину его залегания под поверхностью наблюдения, относительное значение естественной остаточной магнитной составляющей и природу рудного тела (напр. кварц-магнетит-спекулярит, кварцспекулярит-магнетит, кварц-магнетит или кварц-спекулярит). Большое количество примеров, подобранное из результатов, полученных над итабритовыми залежами, позволило сопоставить подсчитанные параметры с фактическими величинами глубины, ширины тела и естественного остаточного магнитного вектора. В настоящей работе приведено несколько вертикальных разрезов, построенных над тремя итабритовыми залежами.

Magnetic surveys were conducted on surface and at different flight heights over many itabirite deposits and showings of the western section of the Labrador trough. The magnetic observations are presented under the form of vertical sections. This information allows on site experimental optimization of flight line spacing and flight altitude for aero-and helicopterborne magnetic surveys which are going on or planned in future exploration work.

It also provides a means to determine the width of the buried causative body, its depth of burial below the plane of observation, the relative importance of the natural remanent magnetic component and the nature of the orebody (e. g. quartz-magnetite-specularite, quartz-specularite-magnetite, quartz-magnetite or quartz-specularite). Great many examples selected on a large variety of sites underlain by itabirite deposits allowed a comparison of the calculated parameters with actual depths, widths and natural remanent magnetic vectors. A few vertical magnetic sections constructed over three itabirite deposits (Luce No 1. Wabush No. 10.) Lorraine No. 1. and Carol East (Humphrey North) are presented in this paper.

Bevezetés

A szóban forgó mágneses itabiritek felszíni jelentkezése számos szakadékkal tagolt hegyes vidék, melyet leginkább a Wapussakatoó-hegység néven ismer-

* M. K. Seguin; associate professor, Université Laval, Quebec, Canada.

nek. A mélyedéseket tavak és mocsarak töltik ki. Az éghajlat a mérsékeltől szubarktikusba hajló, számos állandóan meglévő permafrost (állandó mélységi fagy) folttal a hegység magasabb rétegeiben (850 méter felett). 1929 és 1933 között végezték itt az első vasércutatást és a terület egy részét feltérképezték, 1948-ban pedig rendszeres geológiai felmérés indult meg vasérclelőhelyek feltárása érdekében. A kvarc-spekularit-magnetit jellegű kőzetekről kiderült, hogy jó érc tartalom-koncentrációval rendelkeznek és már a hatvanas évek elején hatalmas vasipar kifejlődését tették lehetővé. Az itabirit átlagos vas-tartalma 35–40 súlysúlyszázalék és különféle dúsító körülmények ezt 60–65 súlysúlyszázalékra növelik. A Labrador–Wabush-terület magas érc tartalmú itabiriteit felszíni magnetométeres mérésekkel 1960–61-ben vizsgálták meg (Seguin, 1968), majd 1969–1973-ban (Seguin, kutatási jelentések 1969–1973). Légi mágneses felmérést 1951-ben hajtottak végre és azokat a hatvanas évek végén értelmezték (Seguin, kutatási jelentések 1969–1971-ből); helikopteres mágneses felmérést 1972-ben végeztek (Seguin, kutatási jelentések 1972–1973-ból).

A terület geológiája

A terület késő prekambriumi (korai proterozoikus) kőzetek övezetében fekszik – vasércformációkkal –, mely mintegy 1200 km hosszan nyúlik el Kanada keleti részén át az Ungava-öböl északnyugati csücskétől Gagnonville-ig (Quebec). A Wabush Lake – Labrador City terület magában foglalja a kanadai pajzs három nagyobb geológiai tartományának keresztelési pontját. Az ősi alapkőzet gránit-gneisz formációi (felső tartomány) felett a Labrador-teknő korai proterozoikus alakulatai foglalnak helyet, mindkét csoport metamorfizálódott és deformálódott a Grenville tartományban. Az alaphegységi kőzeteket, illetve a legősibbeket ezek közül az Ashuanipi-komplexus névvel jelzik és ezek váltakozva gneisz és gránitintrúziókat mutatnak. A gneisz főként opálos fényű kvarcból és halványsárgászöld albitből áll, kis mennyiségű muszkovittal és biotittal; kataklasztikus szerkezetek is sűrűn szerepelnek. A gránitintrúziók szintelen kvarcból, egyenlőtlen szemcsézetű nagy rózsaszín albitdarabokból és mikroklin kristályokból állnak, jelentékeny muszkovit- és biotittartalommal.

A Katsao-formáció tartalmazza a Labrador-teknő legrégebbi meta-üledékeit: ezek homokkőből, „grauwacke”-ből, és palából állanak. A leggyakoribb összeállítások:

- kvarc – földpát – biotit ± muszkovit-palák
- kvarc – biotit ± gránát-palák
- kvarc – biotit ± muszkovit (szericit) palák.

A Duley-formáció főként közepes szemcsenagyságú, erősen rétegzett vagy masszív márványból áll. A leggyakoribb összetételek: kalcitos márvány ± tremolit, dolomit (ankerit) márvány ± tremolit márvány agyagos anyaggal együtt.

A Wapuskatoo (Carol)-kvarcit, mely alatt helyenként a Duley-formáció, de leggyakrabban a Katsao-pala fekszik, középestől a durváig szemcsézett, masszív, fehér, tisztán rekristályosodott kvarcit, melyet kimagaslóan repedéses szerkezet jellemez. Ez a formáció nagy szerepet játszik a terület topográfiájában. Az ismert együttesek: tiszta ortokvarcit, ortokvarcit kisebb amfiből (aktinolit, grunerit, tremolit) beütésekkel, ortokvarcit kevés karbonáttal, morzsa-

lékos ortokvarcit, kvarc-szericit \pm gránát-pala, kvarcit mikákkal) muszkovit-, biotit- és egyes kloritokkal \pm rózsaszín kvarcit.

A Wabush vasérc-formáció három egységre oszlik:

- a) az alsó Wabush-,
- b) átmeneti Wabush-,
- c) a felső Wabush-formáció.

Az alsó Wabush-formáció főként három fáciesből áll:

1. A karbonát-fácies, kvarcból és karbonátokból (ankerit, sziderit) \mp biotit vagy klorit).
2. A szilikát-fácies, kvarcból és amfibolból (grunerit, aktinolit).
3. A karbonát-szilikát-fáciesből, melyet kvarc, amfiból és karbonát alkot.

Az alsó Wabush-formáció felett konformisan helyezkedik el a felső Wabush vasoxid-fácies. Az ellentét a legtöbb helyen fokozatosan jön létre és általában szilikát és oxid-, vagy karbonát és oxid-fácies van jelen a két formáció között. A leggyakoribb együttesek: kvarc-karbonát-magnetit, kvarc-gunerit-magnetit, kvarc-magnetit-grunerit és kvarc-magnetit-karbonát. Az átmeneti Wabush-formáció általában a legmágnesebb egysége a területnek, ezután következik a felső-Wabush; az alsó Wabush-formáció csak gyengén mágneses.

A felső Wabush adja általában a bányászható ércet a területnek. Ebben a formációban a következő együttesek szerepelnek: a) kvarc-magnetit-kőzet, b) kvarc- (magnetit, spekularit) gneiszek, c) kvarc-spekularit palák és gneiszek, d) kvarc-spekularit-antofillit (\mp talkum) palák.

A Wabush-formáció felett helyet foglaló Nault-formáció kőzetei finoman lemezes kvarcból és plagioklászból állanak, váltakozva sötétszürke mikalemezekkel. Grafít is gyakran előfordul. A kőzetek általában palaszerűek, gyűröttek és csipkézettek, esetenként nagy gránit-porfir beütésekkel. Az összeállítások itt: grafit-pala, pala és fillitek.

Közönségesek a területen a bázikus intrúziók, mint a Shabago-intrúziók név alatt ismeretesek. Ezek a kőzetek teléreket, dike-okat képeznek, melyek valamennyi régebbi kőzeten áthatolnak. Egyesek közülük tömzs vagy diszkordáns tömeg alakjában jelentkeznek. Az át nem alakult gabbrók szerpentin- vagy szubszerpentin-szerű keverékéből állanak a prioxénnek, amfibólnak, sötét vagy világos színű plagioklász földpátnak és kevés biotitnak, kvarcnak, olivinnek és gránátnak. A gabbró átalakulási foka a gyengén megváltozott gabbrótól a foltosig, majd az erősen lamellás amfibolitig változik. Az egyes meta-gabbróalakok: amfiból-biotit \mp gránát-palák, biotit-gránát palák, biotit \mp muszkovit \mp gránát palák, vagy kvarc-klorit-mika-karbonát – kőzetek. Az amfibolitek valószínűleg különböző eredetűek.

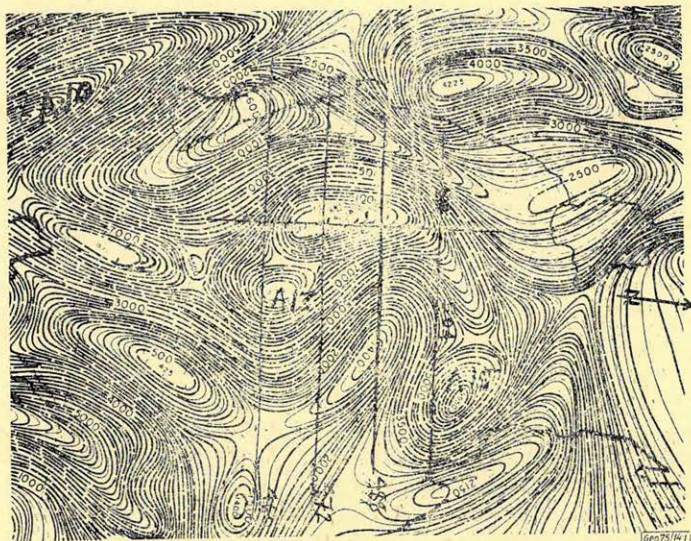
Mágneses felmérések

A totális intenzitás légi mágneses felmérése először 1951-ben történt az itabirit lelőhelye és a környező területeken. A méréseket sztenderd Gulf Mark III fluxgate-magnetométerrel végezték, melyet repülőgép után vontattak. A felvételi magasság átlagosan 150 m volt, a repülési vonalak távolsága egymástól 0,8 km (fél mérföld). A felvétel alapján a Lorraine 1 – Carol East lelőhelyről készített izovonalas térképet az 1. ábra mutatja.

További mágneses totál-intenzitás-adatokat gyűjtöttek 1971-ben és 1972-ben különböző ércetestek felett 38 és 75 méteres magasságban. Az első légi mágneses felméréseknél a navigációs kontroll számára légi fényképfelvételeket használtunk fel helyzet-referenciául. A későbbi helikopteres felvételeknél egy,

a mágneses műszerrel (papírra és mágnesszalagra-írással) kapcsolt 16 mm-es nyomkövető kamera pontosabb légiút-követést tett lehetővé. A magasság-ellenőrzést referenciául szolgáló Bonzer-rádió-magasságmérő végezte. Becslésünk szerint a repülőgép, illetve a helikopter vízszintes és függőleges helyzete 5–15%-nál többel nem tért el az előre meghatározott, a terephez viszonyított helyzettől.

Valamennyi mágneses észlelést a Scintrex MF-1 fluxgate magnetométerrel végezték, mely a földmágneses tér vertikális összetevőjét méri.



1. ábra. A Lorraine 1 – Carol East lelőhely légimágneses izovonalas térképe. Az átlagos repülési magasság 150 m és a görbék értéke gammákban van adva. Az egyes repülőútvonalak egymástól távolsága (szaggatott vonalak) fél mérföld (0,8 km)

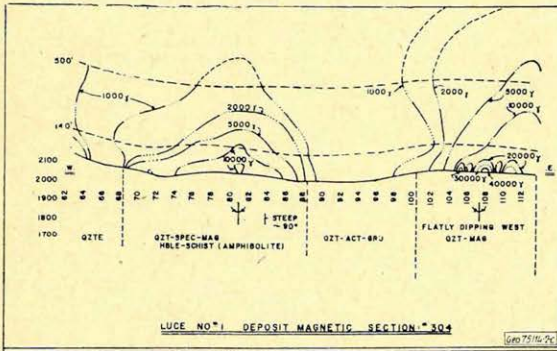
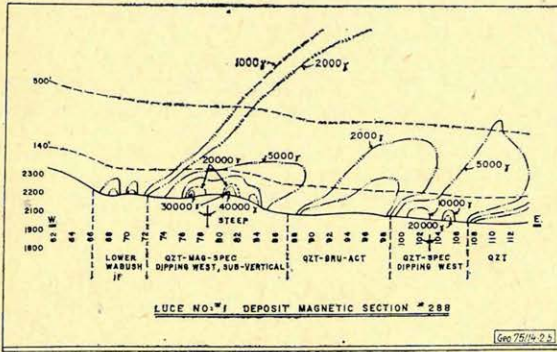
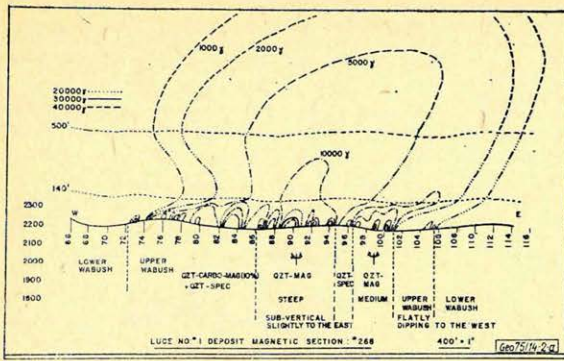
Рис. 1. Карта изолиний по аэромагнитной съемке в районе Лоррен I. Карол Восток. Средняя высота полета – 150 м. Величины на изолиниях даны в гаммах. Расстояние между маршрутами полета (пунктирные линии) равно 0,8 км

Figure 1. Aeromagnetic contour map of the Lorraine #1 – Carol East deposits area. The average flight height is 500 feet (150 m) and the values on the contour lines are expressed in gammas. The flight line spacing (dashed lines) is equal to half a mile (0,8 km)

Az adatok elemzése

A többszintes mágneses észleléseket ábrázoltuk síkban és metszetben, hogy meghatározzuk a mágneses alakulatot és intenzitást a különféle itabirit lelőhelyek és a terület egyéb kőzetei felett. A 2a, b, c és a 3a, b, c ábrák bemutatják a vertikálisan metszetben felrajzolt információkat az egyenlő mágneses intenzitású helyeken át húzott izogörbékkel a Luce No. 1 nevű (Wabush No. 10.) lelőhely 268, 288 és 304-es profiljaira, valamint a Lorraine No. 1 és a Carol East (Humphrey North Mine) megjelölésű lelőhely 460N, 472N, 488N és 504N elnevezésű profiljaira.

A megelőző időkben többszintes észlelést hajtott végre Wahl – Lake (1957) és Westphal (1960) és Riddell (1967) is használta már a vertikális metszetek útján való megjelenítési módszerét a mágneses információknak a Dayton vasérc-lelőhely vizsgálatánál (Lyon County, Nevada, USA).

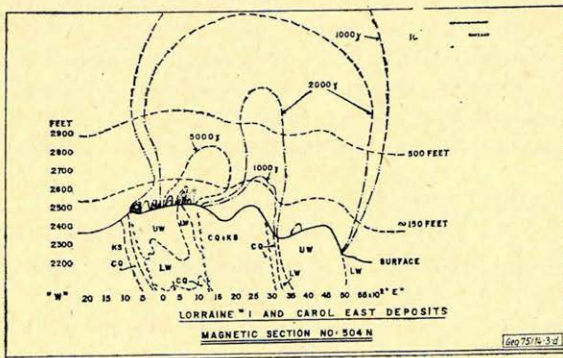
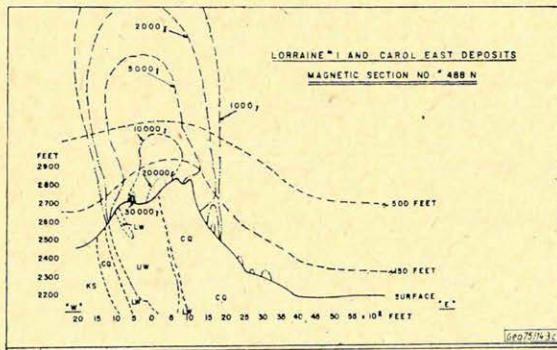
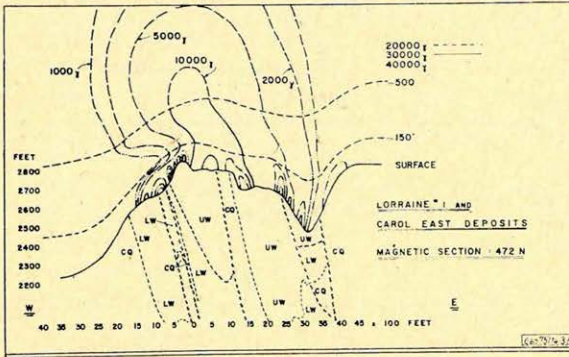
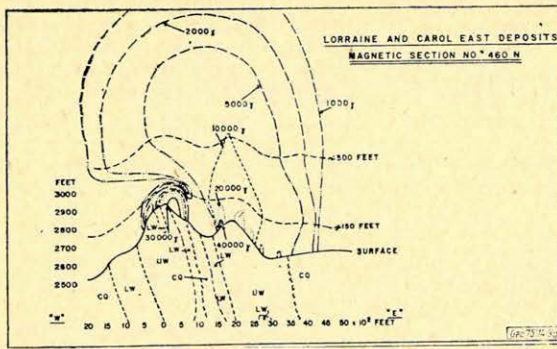


2. ábra. Független metszetek egyenlő mágneses intenzitást jelző izovonalakkal a Luce No. 1 lelőhelyen. a) a 368 sz. szakasz, b) a 282 sz. szakasz, c) a 304 sz. szakasz. Рис. 2. Вертикальный разрез магнитных изолиний равной интенсивности в районе залежи Люс № 1. а) Разрез № 268, б) Разрез № 282 в) Разрез № 304. Figure 2. Vertical sections with equal intensity magnetic contour lines on the Luce No: # 1 deposit. a) Section line No: 268, b) Section line No: 282, c) Section line No: 304

Az általunk a jelen dolgozatban bemutatott légi totál-intenzitási adatokat kombináltuk a felszíni vertikális intenzitás adataival. Minthogy az ércetek szomszédságában észlelhető vertikális térkomponens a totális komponensnek mintegy 95%-át reprezentálja, az így előálló inhomogenitás nem számottevő. Közös alapértékül mind a felszíni, mind a légi- illetve a helikopteres mérések számára egy, a felszínen – észak keletre és délnyugatra az érclelőhelytől – fekvő alacsony mágneses szintű terület értékét választottuk.

A bemutatott három lelőhely mágneses szelvényein több jelenség figyelhető meg:

- A kelet-nyugati szelvények jobb laterális szimmetriát mutatnak, míg az északkeleti-északnyugati profilok torzulnak, amit részben a földi mágneses térhez képest meglévő irányeltérés, de jórészt az itabiritek változó keleti és esetenként nyugati lejtése okoz. Azonban – feltéve, hogy a repülési vonalakat kelet-nyugati irányban vezették – kevés valószínűsége van annak, hogy közben valamilyen takonit ércetestet ne vettek volna észre.
- A vertikális metszetek vizsgálata megkönnyítette a kívánatos repülési vonaltávolság tapasztalati megválasztását és az átlagos repülési magasság megszabását a Labrador-teknőben a jövőben alkalmazandó légi és felszíni mágneses mérések számára.
- A mágneses szelvények hasznosak az esetleges anomális mágneses tér természetének a megvilágítására.



3. ábra. Független metszetek egyenlő mágneses intenzitást jelző izovonalakkal a Lorraine No. 1 és a Carol East lelőhelyen. a) a 460N sz. szakasz, b) a 472N sz. szakasz, c) a 488N sz. szakasz, d) az 504N sz. szakasz

Рис. 3. Вертикальный разрез магнитных изолиний равной интенсивности в районе залежей Лоррен № 1 и Карол Восток, а) Разрез № 460 N, б) Разрез № 472 N, в) Разрез № 488 N, г) Разрез № 504 N

Figure 3. Vertical sections of equal intensity magnetic contour lines on the Lorraine No: # 1 and Carol East deposits. a) Section line No: 460N, b) Section line No: 472N, c) Section line No: 488N, d) Section line No: 504N

Becsléseket végeztünk a mágneses térintenzitás szóródására különböző érc-testek felett. A Carol Lake – Wabush-terület környékén különösen kétfajta mágneses anomália fordul elő. Az aránylag alacsony intenzitású anomáliákat kettősen gyűrűt, átbuktatott itabirit lemezek okozzák, melyeknek mágneses telérjei kis szög alatt lejtnek nyugatra, valamint egy másik mágneses telérblokk, mely meredeken lejt kelet felé. Ez a Luce No. 1 (Wabush No. 10.) esete, valamint a Wabush No. 5. (Smallwood Mine) érc-testé. A nagyobb intenzitású anomáliákat viszont egyszerűen gyűrűt, átbuktatott itabirit szalagok hozzák létre, melyek mágneses telérjei erősen lejtnek keletre. Az egyik esetben az anomália intenzitás-grádiense nagyjából azonos a talaj és az 500 láb szinten levő magasságkülönbség reciprokával (h^{-1}) és a 700 és 1000 láb szintek közötti ma-

gasságkülönbség négyzetével (h^{-2}) (lásd a 4. ábrát). A másik esetben a mágneses tér disszipációja igen alacsony és igen gyenge az anomális grádiense a talaj felett alacsony magasságban ($0-210\text{ m}$), éspedig egyenlő a magasságkülönbség reciprokával (h^{-1}) a 700 és 1000 láb ($210-300\text{ m}$) közötti szinteknél. A különféle csökkenés-menetek, valamint lejtések és mágneses szelvényméretek jellemzők a mágneses itabiritek különböző kategóriáira; típusaira és szerkezetére.

4. ábra. Az anomália csúcshintenzitásának és a repülési magasságnak az összefüggése. A bal oldali görbe egyszerű átbukott itabirit szalagokra vonatkozik, melyek mágneses télérje kelet felé mélyül, míg a jobb oldali kettősen gyűrt átbukott itabirit lemezekre alkalmazható, melyek mágneses télérje kis szögben nyugatra lejt

Рис. 4. Зависимость максимальной интенсивности аномалии от высоты полета. Кривая на левой стороне соответствует одиночным перевернутым итабиритовым полосам с магнитными слоями, характеризующимися падением в восточное направление. Кривая на правой стороне отображает дважды смятые перевернутые итабиритовые пластинки с магнитными слоями, падающими с небольшим углом наклона в направлении к западу

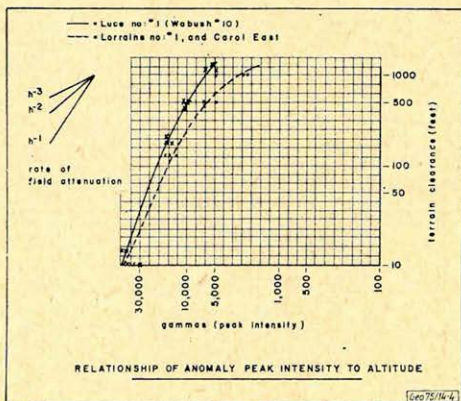


Figure 4. Relationship of anomaly peak intensity of flight height. The curve to the left applies to single overturned itabirite ribbons with magnetic beds dipping to the east while the one to the right applies to doubly folded overturned itabirite slabs with magnetic beds dipping at low angle towards the west.

Az ércetek mélységi elhelyezkedésének és méreteinek számításánál alkalmazott közelítések:

A jelen dolgozatban bemutatott esetektől eltérően azelőtt csak a mágneses anomália volt ismeretes potenciális ércetek felett anélkül, hogy már előbb kimutatták volna az ércetst jelenlétét felszíni mintavétellel vagy kutató fúrással. A geofizikus azzal a feladattal találja magát szemben, hogy meg kell becsülnie az anomália gazdasági jelentőségét és határozott értékelést adjon, mely alapul szolgál a költséges mennyiségű kutatófúrás program kifizetésére. Azonban az anomáliák száma $20-30$ -szorososan felülmúlja az ércetek számát a Wabush – Labrador-vidék kiválasztott területén.

Az elmúlt években számos megközelítési szabályt fejlesztettek ki a geofizikusok, melyek segíteni vannak hivatva a mágneses kiértékelést. A képletek nagy részét egyszerű geometriai alakban (egypólus, kettős pólus, gömb, csaknem vízszintes henger, prizma, függélyes lemez, lejtős szalag, csaknem vízszintes hasábok stb.) feltételezett mágneses testekre számították, melyeknél mágneses háttérrel nem vettek figyelembe. A természetben azonban a különféle paramétereket ritkán találjuk jól definiált állapotban. A hatók alakja, nagysága, mélységi elhelyezése és kiterjedése, a mágneses polarizációk (indukált és természeti remanens komponensek), valamint a környezet mágneses háttérzaja többnyire ismeretlenek. Hogy a helyzetek ilyen változatosságával megbirkózhasson, a geofizikusnak megközelítő szabályokat kell alkalmaznia. A nagy számú olyan eset, amikor mágneses információkkal rendelkezünk különböző szintekről, kiválóan alkalmas arra, hogy az említett megközelítő formulákat ellenőrizzük.

A mélység meghatározása

Különböző megközelítő képleteket alkalmaztunk arra, hogy meghatározzuk az egyes itabirit testek tetejének mélységét különböző észlelési magasságoknál. A dolgozatban szereplő szabályokat eredetileg Peters (1949), Dobrin (1960) és Sanker – Narayan (1961) elemezte részletesen. E szabályok közül egyeseket csak a függélyes intenzitás elemzésére fejlesztettek ki. Azonban – a mágneses talajadatok kivételével, melyeknél a vertikális mágneses komponens észlelték – a légi felvételeknél csak a teljes intenzitást mérték. Mint-hogy a vertikális mágneses komponens a teljes térerősségnek mintegy 90%-át teszi ki, legalábbis Kanadának ebben az északi szektorában, nem áll elő nagyobb hiba a formulák használatánál.

Peters szabálya – az indukciós elméleten alapulva – függélyes táblát tétel fel végtelen mélységi kiterjedéssel és az ércsteteje számára a tényleges domborzatalakulással jól egyező mélységadatokat szolgáltat (1. táblázat).

1. táblázat – Таблица – Table 1.

Az ércstetek tetejének tényleges mélysége
ACTUAL DEPTH TO TOP OF OREBODIES

140 250 500 1000 (feet) 140 250 500 1000 (feet)

AREA: Luce Lake No. 1 (Wabush #10)

Keleti rész
Eastern Limb

Nyugati rész
Western Limb

A számított mélységeket Peters szabályával nyerték
Calculated depth to top of ore body using Peters rule

Szakasz
SECTION:

268	110	230	—	—	150	270	460	950
288	160	250	540	1050	210	230	420	970
304	135	240	480	1010	175	305	—	—

Terület – Area: Lorraine No. 1
Szakasz
SECTION:

Carol East

460 N	—	—	—	—	230	310	530	1100
472 N	240	330	420	910	—	—	—	—
488 N	260	350	540	1130	—	—	—	—
504 N	220	320	700	—	135	240	430	960

Egyes esetekben a „*lejtőtáv-szabályt*” (vagyis azt, hogy az itabirit test tetejének mélysége egyenlő a görbék szárnyán levő egyenes szegmentum felső és alsó pontjai közötti horizontális távolsággal) használtuk. A „*félszélesség*”-szabály, és így a Hannel-, Thalén- és Tiburg-szabály gyengébb egyezést mutatott az ércstetek tetejének mélység-meghatározásánál. A számított érték valamennyi esetben túl nagy.

Az ércstetek szélességének számítása

A kelet-nyugati többszintes profilokat használtuk fel kísérleti számítá-sokra több ércstet szélessége számára. Az ilyen kísérleteknél alkalmazott „*hü-*

A mágneses szelvények szerkesztése módot ad az interpretálónak arra, hogy kimutassa a remanencia megközelítő irányát és annak relatív fontosságát (intenzitás-viszonyát). A Luce 1. lelőhelyénél, ahol a mágneses telérek lejtése meredek és kelet felé irányul a nyugati szélen és szelíden nyugat felé a keleti szegélyen, a legmeredekebb mágneses grádiens a nyugati szélőtől nyugatra és keleti szélőtől keletre található és a mágneses „mélység” a központi részen van a szélek között. A nyugati rész esetében a legerősebb grádiens jelenléte a nyugati oldalon és az anomália-csúcs eltolódása kelet felé a terep feletti növekvő magassággal azt mutatja, hogy ha a remanencia-komponens szuperponálódott is a felerősített indukált mágneses térre, annak jelentősége csekély. A keleti részen azonban, bár a legerősebb mágneses grádiens helyesen a keleti oldalon helyezkedik is el, az anomália-csúcs eltolódása kelet felé a mérési magasság emelkedésével és a mágneses mélyedés hiánya a rész keleti oldalán egy remanencia-vektor jelenlétét jelzi, mely közelítően 90° alatti orientációjú a formációk csapásirányához képest (vagyis nyugat felé irányul) és inklinációja a horizont alá mutat.

A Lorraine No 1. – Carol East-területen a mágneses itabiritek lejtése $50-60^\circ E$ irányú. Az ezeken a lelőhelyeken megvizsgált négy szelvénynél a legerősebb mágneses grádiens a nyugati oldalon van és mágneses mélyedés sehol sincs jelen, a várakozással ellentétben. A No. 448N és 504N szelvényen az anomália-csúcs eltolódása emelkedő domborzattal kelet felé mutat. Következésképpen a remanencia-komponens – ha létezik – aránylag csekély lehet. A 460N és 472N szelvényeken az anomália-csúcs eltolódása a növekvő domborzattal nyugat felé irányul, vagyis ellenkezőleg, mint azt az elmélet alapján várhatnánk. Ez olyan remanencia-vektor-komponens jelenlétére mutat, melynek deklinációja antiparallel irányítottaságú az indukált komponenshez viszonyítva (vagyis nyugat felé mutat és inklinációja 40° -os vagy még több).

Köszönet

A szerző köszönetet mond az Iron Ore Company of Canada, Labrador City, Newfoundland-nak, különösképpen pedig Mr. Clifford Broemling-nek igen értékes támogatásukért és bírálatukért. A dolgozatban szereplő adatok ennek a vállalatnak a tulajdonát képezik. Anyagi támogatást biztosított a Kanada-i Geológiai Szolgálat a kutatás elvégzéséhez.

IRODALOM

- Aero Service, Division of Litton Industries, 4219 Van Kirk Street, Philadelphia, Pa. 19135, USA
Magnetic Fields and Gradients over Vertical Prisms and Dipping Sheets.
- Martin, L. (1966): Manuals of magnetic interpretation, total field characteristics, Computer Applications and Systems Engineering (Case), Toronto, Ontario, Canada.
- Dobrin, M. B. (1960): Introduction to geophysical prospecting, McGraw-Hill Book. Co. Inc., New York, 436 pp.
- Peters, L. J. (1949): Direct approach to magnetic interpretation and its application. Geophysics, Vol. 14, pp. 290 – 320.
- Riddell, P. A. (1967): Magnetic observations at the Dayton iron deposit, Lyon County, Nevada. Volume I, Case Histories, Mining Geophysics, pp. 418 – 428.
- Sanker – Narayan, P. V. (1961): Mathematical methods in the interpretation of magnetic data. Graduate thesis, University of Wisconsin, pp. 1 – 26.
- Seguin, M. K. (1698, 1969 a – j, 1970 a – m, 1971 a – f, 1972 a – b): Open file reports to Iron Ore Co. Canada

- Seguin, M. K.* (1972 c): Preliminary quantitative interpretation of the heliported electromagnetic and magnetic surveys (plus V. L. F.) on the Mt. Wright-Carol Lake-Wabush-Sawbill Lake areas conducted for the search of specularite-magnetite itabirite ores (Part II). Private report to I. O. C. C., July 9th, 1972, 129 pp.
- Seguin, M. K.* (1973 a): Quantitative interpretation of the ground magnetic survey of the Luce No. 1 deposit. External report, Université Laval, August 29th, 1973, 14 pp.
- Seguin, M. K.* (1973 b): Semi-quantitative interpretation of the helicopter-borne electromagnetic and magnetic survey of the Sawbill—Mt. Wright area. External report, Université Laval, Québec, July 9th, 1973, 26 pp.
- Seguin, M. K.* (1973 c): Uses of geophysical-statistical methods in determining dimensions, shapes, tonnages and grades of metamorphic iron formations of the Carol Lake district, Labrador, Newfoundland, Trans. A. I. M. E. 37. pp.
- Wahl, W. G. — Lake, S.* (1957): Airborne magnetometer survey discovers Marmora magnetite deposit, in: Methods and case histories in mining geophysics; 6th Commonw. (Canada) Mining and Metallurg. Congress pp. 155—162.

Lapszemle

Geonomia és Bányászat 7. köt. 1—2. sz. 1974.

A MTA X. Föld- és Bányászati Osztályának közleményei a jelen füzet első részében az 1973 májusában tartott Kopernikusz-émlékülés előadásait tartalmazzák a következő sorrendben:

Szádeczky-Kardoss E.: Kopernikuszi kérdések a geonomiában. Elnöki megnyitó 1—5 old.,

Barta Gy.: Kopernikusz, a sokoldalú reneszánsz ember, 7—10 old.

Balázs B.: Kopernikusz vilásképe, 11—20 old.

Stegena L.: Ptolemaiosztól Kopernikuszig, 21—28 old.

A füzet következő része az 1973. évi közgyűlés előadásairól számol be. Említendő ezek közül: *Szádeczky-Kardoss E.*: A nemzetközi geodinamikai terv jelen állásáról, 63—68 old.

A füzet további része székfoglalókat és más cikkeket ad; ezekből említjük a következőket:

Földváriné Vigh M.: A kvantitatív geokémiai módszerek kritikai vizsgálata, 87—99 old.

Martos F.: Kőzetmechanikai jelenségek vizsgálata modelleken, 105—133 old.

Géczy B.: Lemeztektonika és paleobiográfia, 135—145 old.

Nekovecsics O.: A közeli égitestek helyzete és a nagy erejű sekélyfészklű földrengések közötti kapcsolat 147—156 old.

Tóth J.: Geokémiai szénhidrogén-prognózis lehetősége hazánkban 169—178 old.

Revue Roumaine De Géologie, Géophysique et Géographie, Série de GÉOPHYSIQUE 17. kötet. No 2. 1973. Kiadja a Román Szocialista Köztársaság Akadémiája.

A füzet vegyesen tartalmaz angol, francia és orosz nyelvű cikkeket. Magyar szempontból érdekesebbek a következők:

L. Constantinescu — I. Cornea — V. Lazarescu: A romániai Keleti-Kárpátok szeizmotektonikája (angolul), 133—143 old.

R. Botezatu — M. Visarion — Fl. Scurtu — G. Cucu: Változó sűrűségű geológiai szerkezetek gravitációs hatása (angolul), 189—200 old.

R. Botezatu: Nehézségi anomáliák megközelítése a legkisebb négyzetek módszerével. Lehetőségek és korlátok (angolul), 201—216 old.

D. Mîlcevanu: Az aeromagnetikus felvételeknél jól használható formulák (angolul) 217—222 old.

I. Vasiliu — A. Solomon — M. Popescu — S. Fotopolos: Geofizikai adalékok a Nagykároly—Szatmárnémeti-i zóna tektonikus vizsgálatához (franciául), 223—228 old.

I. I. Belceev — E. K. Hrisztov: Föld alatti (bányabeli) geofizikai módszerek alkalmazása földalatti ércutatásnál a Bolgár Népköztársaságban, (oroszul) 229—240 old.

Alföldi Olajbányász X. évf., 12. sz. 1974 december

Trömböczky Péter: Kincsek kutatói (Beszélgetés dr. Csókás János professzorral), 3. old.

Üledékes kőzetek elektromos fajlagos ellenállásának változása a frekvencia és a nyomás függvényében*

EGERER FRIGYES**

A tanulmány a kőzetek fajlagos ellenállásának változását vizsgálja a nyomás és a mérésnél alkalmazott áram frekvenciájának függvényében. Mérések alapján kimutatja, hogy ezek a változások igen nagyok. Az eredményekből következik, hogy a formációfaktor csak azonos frekvencia és nyomás mellett lehet a rétegre jellemző állandó szám. Dőlt rétegeknél ez a feltétel nem teljesül.

Рассматривается вопрос о зависимости изменения удельного сопротивления горных пород от давления и от применяемой при наблюдениях частоты. По проведенным измерениям показано, что эти изменения весьма значительны. Из результатов следует, что форм-фактор оказывается постоянной величиной, характерной для пласта только при одних и тех же величинах частоты и давления. Для наклонных пластов это условие не выполняется.

Variation of specific resistivity as a function of pressure and of the frequency of current used with the measurements is dealt with. Basing on measurements it has been shown that these variations are significant. It follows from the measurements that the formation factor can represent a constant characteristic for the layer only in case the frequency and pressure are constant. This condition is not fulfilled for slanting beds.

Bevezetés

A kőzetek elektromos tulajdonságainak vizsgálata Archie formuláinak közlése óta igen széles körűvé vált [1; 2; 3; 4; 5; 7. stb.]. A kutatások elsősorban magmatikus és csak kisebb mértékben üledékes kőzetekre irányultak. Az üledékes kőzetek vizsgálata is elsősorban mészkövekre, dolomitokra vonatkozott, homokra, homokkövekre és agyagokra kevésbé.

Ez utóbbiak esetén is elsősorban az elektrolitos vezetés milyensége, illetve az agyagosság és a kőzetliszttartalom határa képezte elsődlegesen vizsgálatok tárgyát [8].

Közismert az is, hogy a mélyfúrású geofizika adatainak interpretációjában még ma is döntő szerepük van az elektromos szelvényezési adatoknak, továbbá a fajlagos ellenállások hányadosaként klasszikusan megfogalmazott formációfaktornak (F)

$$F = \frac{R_0}{R_w}, \quad (1)$$

ahol R_w a porosokban levő elektrolit (formációvíz) fajlagos ellenállása, R_0 pedig a teljes elektrolit-telítettségű kőzet fajlagos ellenállása. Archie megfogalmazásában a formációvíz ellenállása a sókoncentráció nagyságától és a hőmérséklettől függ. Mivel R_0 is függvénye R_w -nek, ezért R_0 is függ az előbbi két tényezőtől.

Klasszikusnak tekintett ismeretanyag mindannyiunk előtt a porózus kőzetek fajlagos ellenállásának frekvencia-függése. Ismert az is, hogy a kőzetek

* Elhangzott a 7. Vándorgyűlésen, Szolnokon, 1974.

** Egerer Frigyes, NME Ásvány-Kőzettani Tanszék, Miskolc.

fajlagos ellenállása függ a termodinamikai paramétereiktől, a nyomástól és a hőmérséklettől. Ez természetesen a porózus kőzetek kőzetmátrixaira is vonatkozik. A mélyfűrészi geofizikai gyakorlatban korrekciót mindezek ellenére csak a formációvíz fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggésére alkalmaztak. Valójában azonban a formációfaktor a fajlagos ellenállás-adatakon keresztül a sókoncentrációnak, az oldott só milyenségének, az alkalmazott áram frekvenciájának, a kőzet ásványos összetételének, a hőmérsékletnek és a nyomásnak a függvénye. A következőkben ezek közül két tényező, a nyomás és az áram frekvenciájának a fajlagos ellenállásra gyakorolt hatását vizsgáljuk az agyagos és homokos kőzetek esetén.

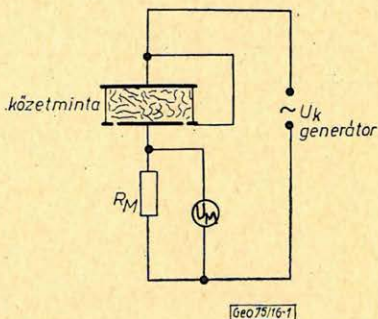
Alkalmazott mérési módszer

Az 1. ábrán láthatjuk a fajlagos ellenállás mérésének elvi vázlatát. U_k generátor-kapocsfeszültségnél és az R_M ellenállásnál az U_M feszültség mérése

1. ábra. A kőzetminták frekvenciafüggő fajlagos ellenállás-mérésének elvi vázlatja

Рис. 1. Схема измерения удельного сопротивления образцов горных пород в зависимости от частоты

Fig. 1. Block-diagram of a frequency-dependent specific resistivity-measurement method for rock samples



mellett, a kőzetminta vezető felületének (A) és vastagságának (l) ismeretében a fajlagos ellenállás (ρ) a következő egyszerű formula alapján számítható:

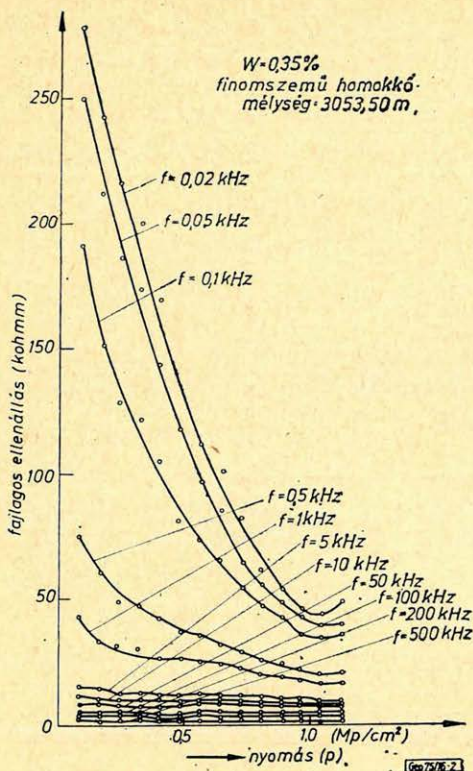
$$\rho = \frac{(U_k - U_M) R_M \cdot A}{U_M \cdot l} \quad (2)$$

Mivel U_M a terhelés és a frekvencia függvényében változott, így $U_M = U(p; f)$, ahol f = a frekvencia és p = a nyomás. Azaz a bemutatott módon a $\rho = \rho(p; f)$ függvény egy adott mintára meghatározható. A nyomásokat egyirányú terheléssel állítottuk elő, miközben mikrométerrel folyamatosan mértük a minta vastagságának változását, ez utóbbi maximálisan 4% volt. A vezető felületben bekövetkezett változás az 1–6000 kp/cm^2 nyomásintervallumban 1–2% nagyságú volt. Így a ρ abszolút értékének hibája kisebb mint 5%. Külön ügyelni kellett a fellépő kapacitások nagyságára, ezért csak speciális koaxiális kábeleket lehetett használni.

A méréseket 10–5 · 10⁵ frekvenciatartományban és 1–1600 kp/cm^2 tartományban végeztük.

Mérési eredmények

A mérések néhány eredményét a 2–5. ábrán láthatjuk. A nyomás függvényében és különböző frekvenciaértékek mellett, nagy mélységből (az alföldi rétegösszletből) származó mintákon mért eredményeket ábrázoltunk alacsony víztartalom (w)-értékek esetén. A 2. és 3. ábrán igen alacsony víztartalmú kőzet mérési eredményei láthatók. Ez gyakorlatilag a kőzetmátrix fajlagos ellenállásának változását jelenti. Amint látható, a változások így kohm nagyságrendűek. A víztartalom csekély növelése a fajlagos ellenállásértékek rohamos csökkenésére vezet. (Pl. 4. ábra). Ez a változás már száz ohm-es nagyságrendben következik be. Az 5. ábrán a frekvencia függvényében két nyomásértéknél fiatal miocén agyag viselkedését mutatjuk be. Az ábrákon bemutatott



2. ábra. Alsópannon korú, 3053,5 m mélységből vett finomszemű homokkő fajlagos ellenállásának változása a nyomás függvényében, különböző frekvenciáknál, $w = 0,35\%$ víztartalom mellett

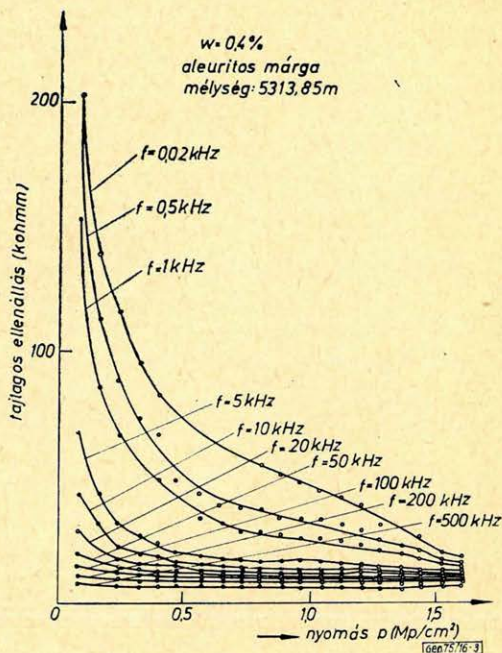
Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления образца тонкозернистого песчаника нижнепаннонского возраста, взятого из глубины 3053,5 м от давления при различных частотах и водонасыщенности $w = 0,35\%$.

Fig. 2. Variation of specific resistivity of fine grain sandstone taken from a depth of 3053,5 m and being of lower Pannonian age as a function of the pressure in case of different frequencies for a water content of $w = 0,35\%$

$\rho = \rho(p; f)$ függvényeket figyelemmel kísérve látható, hogy a változások a frekvencia és a nyomás változásával igen nagyok. Ezek a változások az (1) formula alkalmazhatóságát mindaddig nem korlátozzák, amíg az értelmezést olyan szűk $p \pm \Delta p$ nyomás és $f \pm \Delta f$ frekvencia-intervallumban végezzük, hogy az

$$R_0(p; f) \sim R_0(p \pm \Delta p; f \pm \Delta f) \quad (3)$$

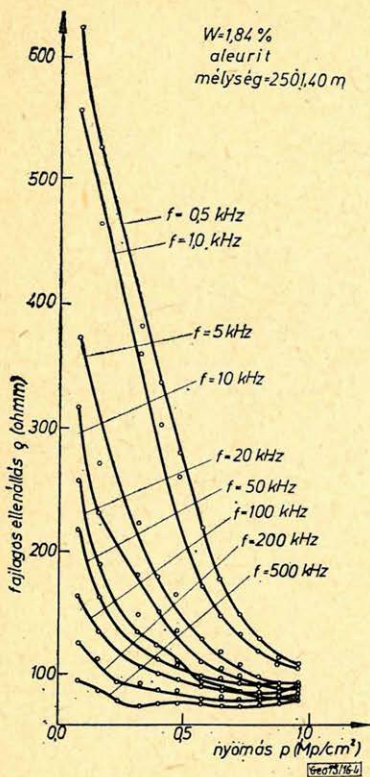
egyenlőség a mérések egyébkénti hibahatárán belül fennáll. Azaz földtanilag ez azt jelenti, hogy azonos frekvenciával és azonos mélységben mérünk.



3. ábra. Torton korú, 5313,8 m mélységből származó aleuritos márga fajlagos ellenállásának változása különböző frekvenciáknál, $w = 0,4\%$ víztartalom mellett

Рис. 3. Изменение удельного сопротивления алевролитового мергеля тортонского возраста, взятого из глубины 5313,8 м при различных частотах и водонасыщенности $w = 0,4\%$

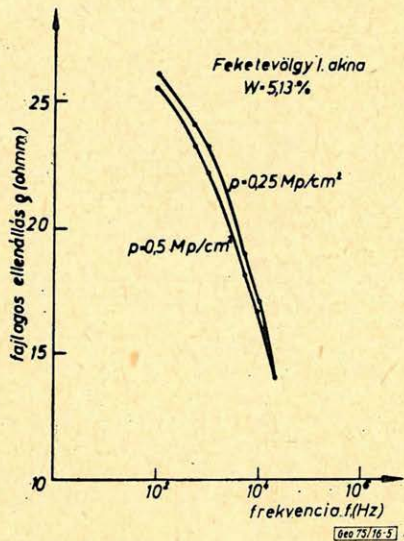
Fig. 3. Variation of specific resistivity of aleuritic marl taken from a depth of 5313, m and being of Tortonian age, for a water content of $w = 0,4\%$



4. ábra. Alsópannon korú, 2501,4 m mélységből származó aleurit fajlagos ellenállásának változása a nyomás függvényében, különböző frekvenciáknál, $w = 1,84\%$ víztartalom mellett

Рис. 4. Зависимость удельного сопротивления алевролита нижнепаннонского возраста, полученного на глубине 2501,4 м от давления при различных частотах и при водонасыщенности $w = 1,84\%$

Fig. 4. Variation of specific resistivity of an aleurit taken from a depth of 2501,4 m and being of lower Pannonian age as a function of pressure in case of different frequencies, for a water content $w = 1,84\%$



5. ábra. Miocén korú, a borsodi barnakőszén-telepes összletből vett agyagminta fajlagos ellenállásának változása a frekvencia függvényében, 0,25 és 0,5 Mp/cm^2 nyomás mellett, $w = 5,13\%$ víztartalommal

Рис. 5. Изменение удельного сопротивления образца глины миоценового возраста, взятого из пачки бурогольных пластов в зависимости от частоты, при давлениях 0,25 и 0,5 Mp/cm^2 и водонасыщенности $w = 5,13\%$

Fig. 5. Variation of specific resistivity of a clay sample taken from a browncoal bed of Borsod and being of Miocene age as a function of the frequency for pressures: 0,25 and 0,5 Mp/cm^2 and for a water content of $w = 5,13\%$

A formációfaktor változását egy korrelálható rétegen belül mindig litológiai változásnak tulajdonítjuk. Az előbbiekből nyilvánvaló, hogy ennek oka a rétegdőlésből eredő nyomásváltozás is lehet. Az ábrákból ugyanis nyilvánvaló, hogy az R_o/R_w hányados a nyomásváltozás miatt többszörösére változhat. (Szemléltetés miatt jegyezzük meg, hogy ez 5° rétegdőlésnél, 2 g/cm^3 sűrűségnél $0,1 \text{ Mp/cm}^2$ nyomáskülönbségnél kerekítve 5 km horizontális távolságot és 500 m magasságkülönbséget jelent.) Így pl. a Humble formulával definiált porozitás (Φ)

$$F = \frac{0,62}{\Phi^{2,15}} \quad (4)$$

egy rétegnek különböző nyomásokon elhelyezkedő pontjain akkor is különböző porozitást szolgáltat, ha a valóságban a réteg teljesen homogén porozitású. Mivel sok esetben a formációfaktor extrapolálására kényszerülünk, vagy egy rétegre „átlagos” értékkel dolgozunk, ezt a hibát értelmezésünk magában hordja.

Következtetések

Az (1) formula csak állandó frekvenciájú és nyomású esetre igaz. Ezért:

a) Csak azonos áram-frekvenciával mért fajlagos ellenállások és az ezekből számított formációfaktor értékek hasonlíthatók össze.

b) Dőlt rétegek esetén meg kell vizsgálni, hogy a dőlés következtében fennálló nyomáskülönbségek az adott közetréteg fajlagos ellenállását mennyire befolyásolják. Amennyiben ez jelentéktelen, csak akkor lehet a formációfaktort területi vagy átlagértékként kezelni, minden más esetben a formációfaktort minden adott esetben külön-külön meg kell határozni. Tehát dőlt rétegek esetén a formációfaktor nem kezelhető egy tárolóra jellemző állandó számadatként, azonos litológiai viszonyok között sem.

c) A számított porozitásértékek, eltekintve a cementációs tényező értékének hibáitól, nyomás- és frekvenciafüggők.

IRODALOM

- [1] J. Pirson: Handbook of Well Log Analysis, Prentice-Hall, Inc. London, 1963.
- [2] V. Rzhavsky – G. Novik: The Physics of Rocks. Mir Publishers, Moscow, 1971.
- [3] И. Пархоменко: Электрические свойства горных пород. Издат. “Наука” Москва, 1965
- [4] И. А. Турчанинов, – Р. В. Медведев, – В. И. Панин: Современные методы комплексного определения физических свойств горных пород. “Недра” Ленинград, 1967
- [5] Физические свойства горных пород при высоких термодинамических параметрах. Материалы третьего всесоюзного совещания 11 – 16 октября 1971 г. Киев. Издат. “Наукова Думка”.
- [6] L. Solymár – D. Walsk: Szilárd testek elektromos tulajdonságai. Műszaki Könyvkiadó. Budapest 1972.
- [7] Э. И. Пархоменко; А. Т. Боднаренко: Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. Издат. “Наука” Москва 1972
- [8] Barlai Z.: Fűrőlyukban végzett geofizikai vizsgálatok speciális problémái. NIM Műszaki és Dokumentációs Fordító Iroda, Budapest, 1971
- [9] Markó L.: Karbonátos tárolók karottázs értelmezése. Magyar Geofizika XII. 71 – 76. (1971.)
- [10] Egerer F.: Különböző víztartalmú kőzetek dielektromos állandójának és dielektromos veszteségi szögének változása a frekvencia függvényében. Magyar Geofizika XV. 76 – 79. (1974.)

Hozzászólás

Egerer Frigyes „Üledékes kőzetek elektromos fajlagos ellenállásának változása a frekvencia és a nyomás függvényében” című tanulmányához

MARKÓ LÁSZLÓ

A tanulmány az üledékes kőzetek fajlagos ellenállásának nyomás és frekvencia függésével foglalkozik. Fejtegetéseit és következtetéseit 2-elektrodás módszerrel, igen kis víztartalmú, kvázi száraz mintákon végzett mérési eredményekre alapozza. Megállapításaival részleteiben nem kívánok foglalkozni, ugyanis száraz mintákon végzett mérésekből a porozitás-formációfaktor összefüggésre következtetéseket levonni eleve hibás felfogásnak tartom.

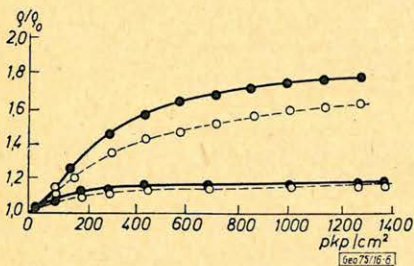
Ilyen méréseknél a rendkívül kis víztartalomnak is nagyon fontos szerepe van, miként azt a 2. és 4. ábra összehasonlítása mutatja. A teljesen száraz kőzetváz vezetőképessége még igen nagy nyomások mellett is elhanyagolható a folyadékkal töltött pórusteréhez képest. Lényegében ez ad érvényességet az Archie típusú formuláknak. Az 5. ábra a kőzetnyomás-változás hatását kicsinynek mutatja a vizsgált, kb. 5% víztartalmú mintákra, a frekvenciáját pedig igen nagyoknak. Szerencsére a gyakorlati mérések 100 Hz alatti frekvenciákkal történnek. Az 5. ábra, szemben az előzőkkel mintha azt mutatná, hogy nagyobb víztartalom esetén a nyomásváltozásnak igen kis szerepe van.

Úgy gondolom, hogy a fedőnyomásnak a póruster nagyságára és szerkezetére, nem pedig a kőzetváz vezetőképességére gyakorolt hatása az, amit az Archie típusú formulákkal kapcsolatosan vizsgálni célszerű. A laboratóriumokban szokásos formációfaktor- és porozitás-mérések hibája azzal kapcsolatos, hogy a hibákat mélységi helyzetükből kiszakítva megváltozik azok pórusszerkezete. Ezért a korszerű mintaméréseket in situ nyomáson és hőmérsékleten végzik. Ilyen fajta vizsgálatokra hívom fel a szerző szíves figyelmét is.

Válasz Markó László hozzászólására

EGERER FRIGYES

A szerző számára fontos, hogy az általa leírtak a szakemberek érdeklődésébe kerüljenek. Ezért tartozom köszönettel Markó kollégának, aki dolgozatomat hozzászólásra méltatta. Mégis, hogy nagyrabeculéssem mellett ellent kényszerülök mondani, azt az eddigi mérések tényanyaga miatt teszem. Bemutatom a dolgozatban hivatkozott irodalom – melynek nagy része éppen az „in situ” feltételek melletti kutatással foglalkozik – egyikének [3] két ábráját a különböző víztelítettségű homokkövek fajlagos ellenállásának a nyomás függvényében történő változására (6. ábra), ill. a homok, agyag és tiszta elektrolit fajlagos ellenállásának frekvencia-függésére (7. ábra), Parhomenko, Dobrynin és Ivanov után.

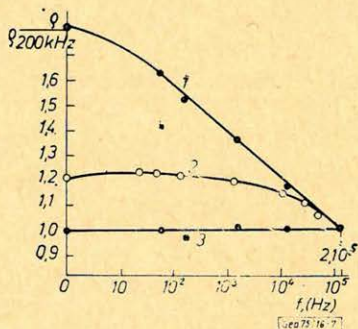


6. ábra. 1 – homokkő 100% víztelítettséggel (Medina); 2 – homokkő 32% víztelítettséggel (Medina); 3 – homokkő 100% víztelítettséggel (Torpedo); 4 – homokkő 15% víztelítettséggel (Torpedo)

Рис. 6. 1 – песчаник с водонасыщенностью 100%, (Medina); 2 – песчаник с водонасыщенностью 32% (Medina); 3 – песчаник с водонасыщенностью 100% (Torpedo); 4 – песчаник с водонасыщенностью 15% (Torpedo)

Fig. 6. 1 – sandstone of 100% watersaturation (Medina); 2 – sandstone of 32% watersaturation (Medina); 3 – sandstone of 100% watersaturation (Torpedo); 4 – sandstone of 15% watersaturation (Torpedo)

Az olvasó előtt, az irodalom ismeretében, aligha lehet kétséges a kőzetek fajlagos ellenállásának nyomás- és frekvenciafüggése, ebből pedig sok minden következik, mert ha egy törtszámlálója függ a p -től és f -től, akkor ezektől a hányados is függ. Mivel több szerző sok azonos mérési eredményét csak végezéssel lehet vitatni, ezért célszerűbb, a vita pedig érdemibb lett volna, ha tisztelt kollégám is mérés néhány mérést hozzászólása előtt – s úgy talán nem is került volna sor a hozzászólás megírására.



7. ábra. A 250 kHz-ra vonatkoztatott fajlagos ellenállás változása a frekvenciában 1 – homok; 2 – agyag; 3 – elektrolit

Рис. 7. Изменение удельного сопротивления с частотой, приведенное к частоте 250 кГц 1 – песок; 2 – глина; 3 – электролит

Fig. 7. Variation of specific resistivity reduced to 250 kilocycles according to the frequency 1 – sand 2 – clay 3 – electrolyte

Könyvszemle

Geophysical Observatory Reports of the Geodetical and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, 1973. Sopron, 1974. Szerkesztette: Somogyi József igazgató, 120 oldal, 8 ábra.

A jelentés a Nagycenk-i obszervatóriumban folyó munkák eredményeit tartalmazza az előző évekhez hasonló módon számos táblázatban, magyarázó szövegekkel.

A beosztás a következő:

I. rész: Földi áramok

II. rész: Földmágnesesség

III. rész: Légköri elektromosság

A IV. rész, mely az ionoszféra-észlelések adatait tartalmazná, elmaradt, mert a berendezés korszerűbbre való cseréje folytán az észlelés szünetelt.

Matematikai módszerek, számítástechnika a nyersanyagkutatásban I.

A Magyarhoni Földtani Társulat Matematikai Földtani Szakcsoportja által 1974. szept. 12–13-án rendezett ankét előadásai. Szerkesztette: Dienes István. Kiadja a Magyar Földtani Társulat Budapest 1974. Litografált kiadvány, 149 old.

A kiadvány „Belső használatra” készült 100 példányban és így csak előzetes, gyors beszámolóként tekinthető a szóban forgó ankétról. Vegyesen tartalmaz magyar és idegen nyelvű szövegeket, teljes – ábrákkal ellátott – szövegeket és kivonatokat, illetve rövidített szövegeket.

A cikkek címei:

V. Nemeč, Prague: Experiences with computerized evaluation of ore deposits 1–16 old.

Virágh K. – Dravec J. – Révész B.: Földtani jelenségek elemzése interaktív programrendszerrel. 17–46 old.

Böcker T. – Csoma J-né – Liebe P. – Lorberer Á. – Major P. – Müller P.: A felszín alatti vízkészletek komplex kutatása a bükkábrányi tervezett külfejtés környezetében. 47–49 old.

Gálos M.: Vizsgálatértékelési rendszer az építőkövetésben és minősítésben. 80–89. old.

Kovács F. – Nagy Z. – Sággy Gy.: A számítógépes adatfeldolgozás az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemben. 90–101 old.

Zilahy-Sebess L.: Izovonalas térképek gépi rajzolása a MINSZK-32 számítógéphez csatolt CIL-plotteren. 102–115. old.

Kis K.: Geofizikai térképek digitális szűrése és korrelációs analízise. 116–137 old.

I. Dienes: Subdivision of geological bodies into ordered parts. 138–147 old.

Kár, hogy a cikkek nagyobb része nem tartalmazza az ábrákat és táblázatokat, melyekre a szövegben hivatkoznak. Hibái ellenére is (pl. a 35. old. hiányzik) a kiadvány hasznos anyagot ad.

Annual Report of the Tihany Geophysical Observatory 1971–72.

Sokszorosított angol nyelvű kiadvány. Szerkesztették: Müller P., Szabó Z., Nagy M. Előszót írta: Aczél E. 192 old.

A kötet a Tihany-i Obszervatóriumban 1971–1972. években végzett mágneses- és ionoszféra-észlelések eredményeit tartalmazza táblázatos alakban. Az ionoszféra-mérések (whistler észlelések) csak 1972-ben folytak rendszeresen.

T. G.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Я. Варга</i> : Оценка точности и достоверности метода дифференциальной интерпретации данных гамма-каротажа	41
<i>А. Мешко — Ф. Ковач</i> : Проблемы интерпретации аномалий поля силы тяжести, разложенных посредством цифровой фильтрации	54
<i>М. К. Сегэн</i> : Магнитная съёмка над итабиритовыми залежами в Канаде	63
<i>Ф. Эгерер</i> : Зависимость изменения удельного сопротивления осадочных отложений от частоты и давления	74
Обзор журналов	53, 62, 73, 80

CONTENTS

<i>J. Varga</i> : Accuracy — and stability — estimation of a differential evaluation method of gamma-carottage data	41
<i>A. Meskó — F. Kovács</i> : Some problems concerning the interpretation of gravity anomalies obtained by digital filters	54
<i>M. K. Seguin</i> : Magnetic sections on itabirite deposits in the Labrador City-Wabush Area, Southern sector of the Labrador trough, Newfoundland, Canada	63
<i>F. Egerer</i> : Variation of specific resistivity of sedimentary rocks as a function of frequency and pressure	74
Review of papers	53, 62, 73, 80

