

A fúrólýukszelvényezési adatok automatikus kiértékelési rendszere a Szovjetunióban

N. SZOHRANOV – SZ. ZUNDELEVICS

A dolgozat bemutatja a mélyfúrási geofizikai szelvények számítógépes feldolgozására a Szovjetunióban kialakított elgondolásokat. Ismerteti a digitalizálásra, illetve az eredmények kirajzolására szolgáló berendezéseket.

В работе излагаются соображения по машинной обработке картажных кривых, разработанные в ССР. Дается описание различных типов аппаратуры, служащей для кодирования данных и для представления результатов.

Es werden die für die maschinelle Bearbeitung geophysikalischer Bohrlochmessungen in der Sowjetunion entwickelten Ideen behandelt, und die für die Digitalisierung sowie zeichnerische Darstellung der Resultate konstruierten Geräte besprochen.

A számítógépek alkalmazásának tapasztalatai azt mutatják, hogy a mélyfúrási geofizikai adatok automatikus kiértékelése máris lehetővé teszi a mérések földtani hatékonyságának növelését, mivel:

- a) a kiértékelés teljesebben fogja át a fúrások rétegsorát,
- b) objektívebb és részletesebb eredményeket nyerünk a kézi feldolgozás eredményeihez viszonyítva,
- c) csökken a véletlen, valamint a kiértékelő elégtelen szakképzettsége folytán felmerülő hibák száma,
- d) lehetőség nyílik olyan pontosabb kiértékelési eljárások alkalmazására, amelyeknél igen sok számítást kell végrehajtani stb.

Azonkívül a mélyfúrási geofizikában a számítógép segítségével végzett tömeges adatfeldolgozás lehetővé teszi a fúrásra vonatkozó szakvélemények kiadásának meggyorsítását. Az egyes gépi feldolgozási szakaszok időelemzése és a számítások azt mutatták, hogy a számítógépek alkalmazása még félautomatikus konvertálási eljárás esetében is kb. 2–3-szorta gyorsítja meg a mélyfúrási geofizikai adatok kiértékelését. Ebben az esetben a kiértékelőknek több idejük marad, amit a komolyabb szaktudást igénylő munkákra: a fúrólýuknál nyert anyagok minőségének ellenőrzésére, a szakvélemények gondosabb alátámasztására, készletszámításra stb. használhatnak fel.

A megoldandó feladatok jellegétől, az erre felhasznált földtani és geofizikai információtól, a feldolgozás módszereitől és az eredmények benyújtási határidőtől függően a mélyfúrási geofizikai adatok kiértékelését operatív és összefoglaló kiértékelésre osztjuk.

Operatív kiértékelésen annak meghatározását értjük, hogy vannak-e a rétegsorban tároló kőzetek és milyen jellegű azok telítettsége. Operatív kiértékelés a kutatás minden szakaszában folyik, többek között az első fúrásokra vonatkozóan is, amikor még nem állnak rendelkezésre rétegvizsgálati eredmények.

Az összefoglaló kiértékelés a tároló szerkezet egyes rétegeire vonatkozóan történik meg a rendelkezésre álló összes földtani és geofizikai adat értékelése,

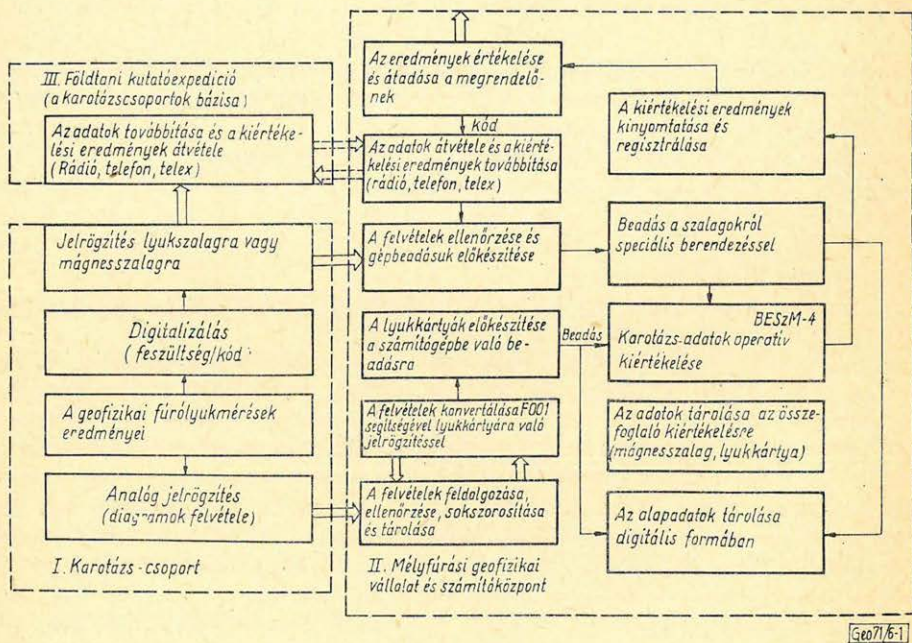
továbbá a készletszámításhoz szükséges paraméterek meghatározása céljából.

A legfontosabb és legsürgősebb feladat az operatív kiértékelés automatizálása. Ehhez nagy volumenű operatív kiértékelési munkát kell végrehajtani rövid határidőkön belül.

Nyilvánvaló, hogy a mélyfúrási geofizikai adatok automatikus feldolgozása és kiértékelése abban az esetben biztosítja a legnagyobb hatásfokot, ha a lehető legteljesebb munkaciklust öleli fel és teljesen kiküszöbölődik vagy minimumra csökken a kézi munka az egyes közbenső szakaszokon, mind magánál a feldolgozásnál, mind az előkészítő és befejező műveleteknél. Ebből következik, hogy olyan rendszert kell kialakítani, amelynél a lehető legteljesebben automatizáljuk a mélyfúrási geofizikai adatok feldolgozását és kiértékelését digitális számítógépek segítségével.

A Szovjetunióban a különböző tudományos intézetek, ipari vállalatok kialakítottak egy számítógépes automatizált rendszert a mélyfúrási geofizikai adatok összegyűjtésére, feldolgozására és kiértékelésére.

Ez a következő szakaszokat foglalja magában (1. ábra):



1. ábra. A mélyfúrási geofizikai adatok számítógépes osztályozásának, tárolásának és feldolgozásának vázlata

Fig. 1. Схема сбора, хранения и обработки промыслово-геофизических данных на ЭВМ

Fig. 1. Skizze der maschinellen Klassifizierung, Speicherung und Bearbeitung von bohrlochgeophysikalischen Daten

1. A mélyfúrási geofizikai adatok digitális rögzítése mágnes- vagy papírszalagra (lyukszalagra), oszcillografikus regisztrálásukkal egyidejűleg; lehetőség

van a szokványos eljárással felvett karotázsszelvények digitális konvertálására is.

2. Az információ továbbítása (közvetlenül vagy közbenső pontokon keresztül) a számítóközponthoz. Ez a továbbítás a következő módon történhet:

a) a geofizikai méréseredmények felvételeinek (mágnesszalagok, lyukszalagok, karotázsszelvények) megküldése (futárral, postán, repülőn vagy helikopteren);

b) az információ továbbítása telexen;

c) az információ továbbítása rövidhullámú rádióvonalon.

3. A mélyfúrás geofizikai adatok gépi feldolgozása; az eredmények kiírása és grafikus visszajátzása, majd ellenőrzésük.

4. A kiértékelési eredmények átadása az érdekelt részlegeknek.

5. A geofizikai mérési anyag és a feldolgozási eredmények tárolása digitális formában, további felhasználásuk céljából a gyors visszakeresés biztosításával.

Matematikai alap az operatív kiértékeléshez

A karotázsszalagok operatív gépi kiértékeléséhez több programkönyvtárat fejlesztettek ki. Valamennyi programkönyvtár felöleli az operatív kiértékelés teljes ciklusát vagy annak nagy részét.

A különböző kiértékelési szakaszok megoldási módja szerint a programkönyvtárak három csoportra (rendszerre) oszthatók. Az első csoporthoz (rendszerhez) tartoznak a karotázsszalagok rétegek szerinti feldolgozásának és kiértékelésének programjai.

E rendszer algoritmusai és programjai a következő jellegzetes sajátosságokkal rendelkeznek:

a) a rétegsor felosztása rétegekre és b) a kiértékeléshez fizikai rétegmodellek, a geofizikai paraméterek és a rétegek fizikai tulajdonságai közötti analitikai összefüggések, valamint a kézi kiértékelés terén szerzett tapasztalatok felhasználása. E programok algoritmusai nagyrészt az ismert és tökéletesített kiértékelési módszerek formalizálása révén készültek. Ilyen programrendszert a VNII Geofizikában fejlesztettek ki (jele „*Karotázsszalag*”). Az ezzel a rendszerrel történő kiértékelés technológiai vázlat a következő műveletek végrehajtását foglalja magában (2. ábra):

a) a geofizikai alapadatok előzetes feldolgozása – szerkesztés (a fúrólyukra vonatkozó adatok számítógépbe való adása, a számjegy-tömbök mélység szerinti korrigálása, fizikai mértékegységekben való megadása, kiírás hosszú időre szóló tárolásra);

b) a rétegek kijelölése és ellenállásuk meghatározása BKZ-adatok, továbbá a különböző típusú ellenállássondatak felvételei alapján;

c) tárolókőzetek kijelölése a litológiai tagolás alapján, a karotázsszalag pontonkénti komplex feldolgozásával (a diagnosztikus kódok módszere);

d) a tárolókőzetek porozitásának és agyagosságának meghatározása az akusztikus, neutron- és sűrűségi sűrűségi komplex kiértékelésének adatai alapján;

e) a rétegek kőolaj – gáztartalmának becslése a rétegellenállások alapján a porozitási tényező (k_p) és agyagosság értékeinek, a szomszédos fúrásokban végzett „rétegvizsgálatnak”, a karotázsszalagokon végzett rétegvizsgálatnak és a gázkarotázsszalagok a figyelembevételével;

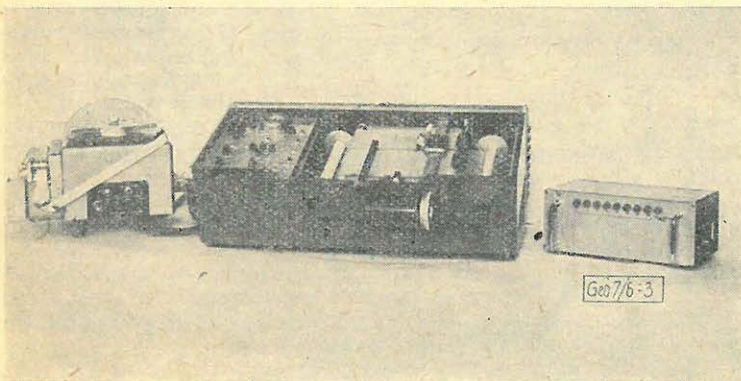
f) az operatív kiértékelési eredmények táblázatának tárolása és a kiértékelési eredmények kiírása olyan formában, amely alkalmas a mélyfúrási geofizikai alapadatok minőségének és a kiértékelés eredményeinek ellenőrzésére.

A kiértékelés valamennyi szakaszára vonatkozó algoritmusok biztosítják az adott területen optimális bármilyen geofizikai mérés-komplexum feldolgozását, beleértve a számítógép és a kiértékelő közötti információ-cserét a feldolgozás előtt és alatt.

A rendszer programjai felhasználhatók automatikus és autonóm üzemmódban egyaránt. A szervezőprogram automatikusan valósítja meg a kijelölt kiértékelési változatot.

Ebben a rendszerben a geofizikai alapadatok előkészítése pillanatnyilag a 3. ábrán bemutatott F001 típusú félautomata konverterrel történik.

A kiértékelési eredményeket a 4. és 5. ábrán bemutatott táblázatos, ill. grafikus formában kapjuk meg.



3. ábra. F001 típusú félautomata karottázs-szelvény-digitalizáló

Фиг. 3. Полуавтоматический преобразователь каротажных диаграмм Ф001

Fig. 3. Halbautomatische Einrichtung Typ F001 zur Digitalisierung von Bohrlochprofilen

4. ábra. Karottázsadatok BESZM-4 számítógéppel végzett kiértékelésének eredményei, NO-24 típusú regisztrátorral kiírva, 0 - meg nem határozott megoldás; 1 - homokkő; 2 - agyag; 4 - agyagos homokkő; 5 - tömött kőzetek; 6 - kőolaj - gáztároló agyagos homokkő; 7 - kőolaj - gáztároló homokkő

Фиг. 4. Результаты интерпретации данных каротажа на машине БЭСМ-4, выведенные на регистратор НО-24.0 - неопределенное решение; 1 - песчаник; 2 - глина; 4 - глинистый песчаник; 5 - плотные породы; 6 - нефтегазоносный глинистый песчаник; 7 - нефтегазоносный песчаник

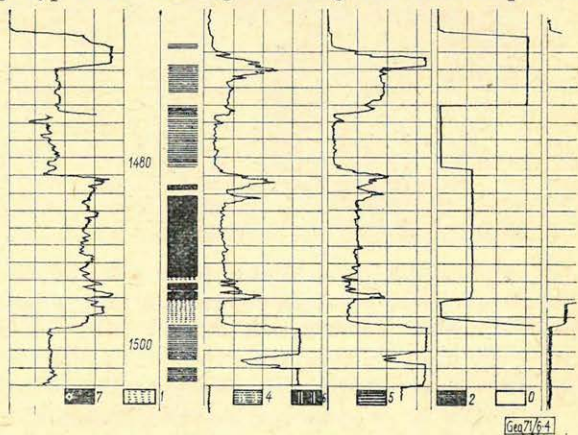


Fig. 4. Auswertungsergebnisse von Karottagedaten, bearbeitet mit der Rechenmaschine BESZM-4 und ausgeschrieben mit der Einrichtung NO-24

0 - unbestimmt, 1 - Sandstein, 2 - Ton, 4 - toniger Sandstein, 5 - dichte Gesteine, 6 - Öl- und Gas-speichernder toniger Sandstein, 7 - Öl- und Gas-speichernder Sandstein

A kiértékelési eredmények grafikus kiírását a SZU-ban kifejlesztett *N024* típusú régisztrátor végzi, ennek képe a 6. ábrán látható.

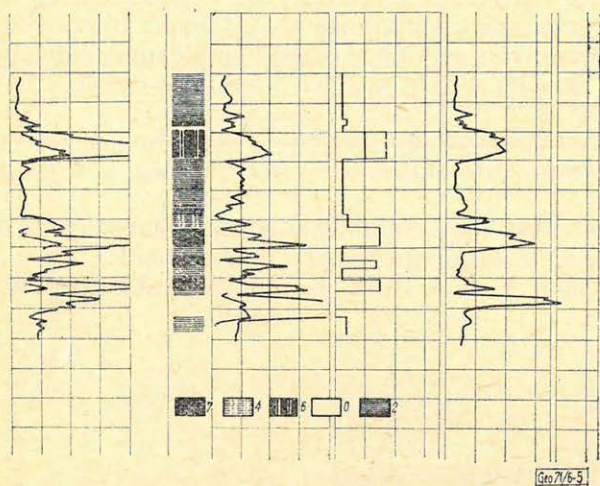
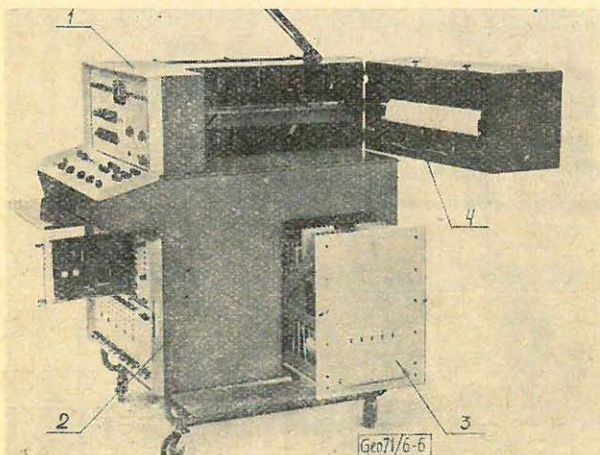


Fig. 5. Resultate der Auswertung von BKZ-Daten, bearbeitet mit Hilfe der Rechenmaschine BESZM-4 und ausgeschrieben mit der Einrichtung NO-24
 0 - unbestimmt, 2 - Schicht mit niedrigem Widerstand, 4 - Schicht mit mittelmässigem Widerstand, 6 - Schicht mit hohem Widerstand und Schlammeindringung, 7 - dieselbe, aber ohne Schlammeindringung



5. ábra. BKZ-adatok BESZM-4 számítógéppel végzett kiértékelésének eredményei NO-24 típusú régisztrálón kiírva. 0 - meg nem határozott kiértékelési eredmények 2 - kis ellenállású réteg; 4 - közepes ellenállású réteg; 6 - nagy ellenállású réteg iszapbehatolással; 7 - ua. iszapbehatolás nélkül

Fig. 5. Результаты интерпретации данных BKЗ на машине БЭСМ-4, выведенные на регистратор NO-24. 0 - неопределенные результаты интерпретации; 2 - пласт низкого сопротивления; 4 - пласт промежуточного сопротивления; 6 - пласт высокого сопротивления с проникновением раствора; 7 - тоже без проникновения

6. ábra. Régisztráló a karottázsadatok gépi kiértékelési eredményeinek kiírására

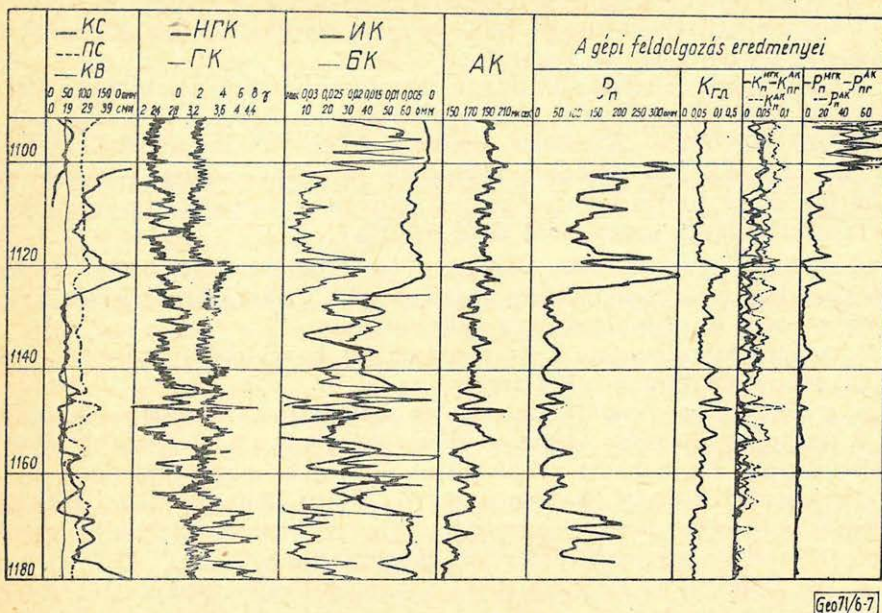
Fig. 6. Регистратор результатов интерпретации данных каротажа на ЭВМ

Fig. 6. Registriereinrichtung zum Ausschreiben der maschinellen Auswertungsergebnissen von Bohrlochprofilierdaten

A második programcsoportot a karottázsadatok folyamatos, pontonkénti gépi kiértékelési rendszere képezi. E programcsoport algoritmusaira az jellemző, hogy a kurrens geofizikai értékek kerülnek feldolgozásra, nem pedig a rétegek-nél észlelhető jellegetes értékek. A kiértékelési eredményeket pontonként ugyancsak kirajzoljuk (7. ábra).

Ehhez a programrendszerhez tartozik a *VNII Geofizika Volga-Urali* kirendeltsége által kidolgozott *GI-1* geofizikai interpretátor, valamint néhány külföldi kiértékelési rendszer.

A *GI-1* geofizikai interpretátor-program a következő műveleteket hajtja végre:



Geo71/6-7

7. ábra. Karottázsadatok gépi kiértékelésének eredményei a GI-1 geofizikai interpretátor programcsomagja alapján

Fig. 7. Результаты интерпретации данных каротажна на ЭВМ по комплексу программ геофизического интерпретатора ГИ-1

Fig. 7. Auswertungsergebnisse von Karottage-Daten mit Hilfe des Programmpakets des geophysikalischen Interpretators GI-1

1. A digitális geofizikai alapadatok elsődleges feldolgozása.
2. Műszerkorrekciók alkalmazása.
3. A vertikális tengely menti egyenletlenség figyelembevétele a görbék szűrése révén. A szűrés lehetővé teszi, hogy elhagyjuk a rétegek kijelölését, a környező kőzetek hatásának figyelembevételét, továbbá, hogy a szűrt görbe pontonkénti értékeit úgy használjuk fel, mint a paraméterek adott pontra vonatkozó korrigált átlagértékeit.
4. A réteg ρ_v rétegelállásának és ρ_{zp} elárasztott zóna ellenállásának kiszámítása az indukciós és laterolog szelvényezési adatok alapján meghatározott elárasztási mélységek mellett.
5. Vezérintervallumok kijelölése a rétegek automatikus kiválasztása céljából a karottázsgörbék hitelesítésére és léptékük pontos meghatározására.
6. A hidrogéntartalom kiszámítása neutron-gamma szelvény alapján; a neutron-gamma-szelvény hitelesítése a kiértékelő által megadott, vagy automatikusan kiválasztott ismert hidrogéntartalmú szakaszoknál leolvasott neutron-gamma indikációk alapján történik.
7. Az agyagosság kiszámítása ismert agyagosságú rétegek alapján hitelesített természetes-gamma szelvény segítségével.
8. A porozitás meghatározása a neutron-gamma szelvényből az agyagosság, valamint az izolált pórúságok alapján.
9. A porozitás meghatározása az akusztikus karottázs alapján a Willy-féle képlettel, az agyagosság figyelembevételével és figyelmen kívül hagyásával.

10. A kőolajtelítettség becslése a rétegenállásnak a 100%-os vízzel való telítettség melletti ellenálláshoz való viszonya alapján, amit a porozitás és az agyagosság görbéje alapján kapunk meg.

A mélyfúrési geofizikai adatok (10 karottázs-diagram) kiértékelése 200 m-es fúrólukszakaszra, 0,2 m-es mintavételi köz mellett 1,5 órát vesz igénybe. Ez 4,5-ször nagyobb a „Karottázs” rendszer programjainak idejénél.

Az ASZORK-nak nevezett harmadik programrendszer a matematikai statisztika és az információelmélet felhasználásán alapszik. Ez a rendszer a következő feladatok megoldását teszi lehetővé:

1. A digitális regisztrálás ellenőrzése és hibáinak korrigálása, a mélység vonatkoztatása a fúróluk szájára, a számjegyek fizikai mértékegységekre való vonatkoztatása és mágnesszalagra való rögzítése.

2. A karottázs-diagramok mélység szerinti egyeztetése (a keresztkorrelációs függvény maximumának keresése).

3. A rétegsor nagyvonalú taglalása az egyik karottázs-diagram alapján.

4. A rétegek kijelölése a hasznos jeleknek zajból való kijelölésére vonatkozó elmélet alapján. Ezután történik a határok pontosabb meghatározása a módszerek felbontóképességét figyelembe vevő súlyegyütthetők felhasználásával. A rétegekben belül történik a lényeges látszólagos ellenállásértékek leolvasása és kódok kialakítása a rétegek jellegének meghatározására.

5. Az összeállított kódok alapján a rétegeket mint produktív, víztároló, tömött, agyagos vagy nem osztályozható objektumokat azonosítja és osztályozza. Becslést ad az elfogadott megoldás megbízhatóságára.

6. A tárolókőzetekre kiértékeli a BKZ-adatokat.

7. Meghatározza a porozitást és a rétegvíz ásványsótartalmát.

A karottázsadatokat gépi kiértékelésre kifejlesztett programrendszereket 1–2 területen kipróbáltuk.

A kipróbálás eredményei alapján pozitíven értékelhetjük a számítógép alkalmazásának távlatait a mélyfúrési geofizikában.

Ugyanakkor azonban meg kell jegyeznünk, hogy a kipróbálás volumene egyelőre nem elégséges. Ezért pillanatnyilag a legfontosabb feladat a rendszerek széleskörű kipróbálása. Célszerű az összehasonlító kipróbálás alkalmazása azonos földtani körülmények mellett. Ez lehetővé fogja tenni a különböző programrendszerek helyes becslését, tökéletesítésüket és a mélyfúrési geofizikai gépi adatfeldolgozás automatizált rendszerébe való bekapcsolásukat.

Műszerek a karottázsadatok digitális regisztrálására

A legtöbb gépi kiértékelési rendszer alapját a geofizikai adatok diszkrét ábrázolási módja képezi, egyenletes mélység szerinti mintavételi közszelvényekkel; ezt alkalmazza a legtöbb egyéb intézmény is, többek között a külföldiek is.

E rendszerek céljára két konvertertípust fejlesztettek ki:

a) olyan konverterek, amelyek a karottázs-szelvényekről olvassák le az értékeket és azt digitalizálják;

b) olyan konverterek, amelyek a karottázsadatokat a fúrólukban végzett mérés során digitalizálják.

1. A karottázs-szelvények digitalizálására az F001 típusú félautomata digitalizálót fejlesztették ki, amelyet a „Vibropryor” gyár sorozatban gyárt.

200 mm szélességű oszcillográf- vagy diagrampapírra mélység- (vagy idő)-függvényben regisztrált karottázs vagy tetszőleges egyéb görbék kiolvasására szolgál és a következő műszaki jellemzőkkel rendelkezik:

a) a digitalizálást állandó mintavételi közzel ($= 0,5; 1$ és 2 mm) végzi, amit a görbe bonyolultságától függően állítunk be;

b) a görbe ordinátájának digitalizálási hibája nem haladja meg a 2%-ot. A digitalizáló a lyukszalag- és lyukkártya-lyukasztóval van összehangolva és a digitalizálást *MINSZK-22*, *BESZM-4*, *M-222*, stb. típusú számítógépekre végzi el.

2. A mélyfúrású geofizikai adatok fúrásnál történő digitális regisztrálására kifejlesztették a *PMZ-3* típusú, mágnesszalagos *A/D* konvertert, valamint a *PKL-4* típusú lyukszalagos konvertert.

a) A *PMZ-3* típusú karottázskonverter karottázsbereendezésekbe épül be. Sorba van kötve a karottázsszcillográf galvanométereivel és azzal egyidejűleg, vagy attól függetlenül működhet. A konverter 4-csatornás; 6 dB (11 bináris bit) konvertálási tartománnyal és $0,05 \mu A$ küszöbérzékenységgel. A konvertálási hiba nem haladja meg a 3%-ot. A konvertálás a mélység mentén egyenletesen történik $0,05; 0,10; 0,2$ vagy $0,4$ mintavételi közzel. A maximális konvertálási sebesség 40 számjegy/sec, ami 3600 m/óra szelvényezési sebességnek felel meg $A = 0,1$ m mellett.

A *PMZ-3* típusú konverterrel regisztrált információ a *BESZM-4* számítógépbe specális *UVI-3* típusú beadóegységgel, a *MINSZK-22* számítógépbe pedig közvetlenül adható be.

b) A lyukszalagos karottázskonverter 4-csatornás; 72 dB tartományú, maximálisan 2% konvertálási hiba mellett. A konverter kis méretű (a szabvány karottázspanelre szerelhető), aminek következtében bármely karottázsbereendezésben elhelyezhető. A digitális adatokat bináris- és nyolcas számrendszerű kóddal lyukasztják, egy szóban *max. 4* paraméterrel. A lyukszalagra való jelrögzítés biztosítja a közvetlen információ-beadást a *MINSZK-22* számítógépbe.

A *PMZ-3* és *LKL-4* típusú karottázskonverterek sorozatgyártása 1971-ben kezdődik.

c) Fejlesztés alatt van egy műszer-csoport az információnak a fúrásnál történő konvertálására és számítóközpont-hoz való továbbítására. E műszer-csoport konverterének súly- és méretadatai azonosak a *PMZ-3*-éval. A digitális adatokat keskeny ($6,3$ mm) mágnesszalagra rögzíti soros kóddal. A *MINSZK-22* és *BESZM-4* számítógépbe az adatokat speciális berendezés adja be.

3. A kiértékelési eredmények automatikus gépi megjelenítésére a *NO-24* típusú sokesatornás regisztrálókönvertert fejlesztették ki.

A *NO-24* regisztráló 6 csatornás oscillográf 5 dB *D/A* konverterrel és *1*, „Digitális/litológia” konverterrel. Az információ kiolvasása lyukszalagról vagy közvetlenül a *BESZM-4* számítógépből történik.

A regisztráló 5 karottázsgörbe és egy litológiai rétegsor $400-430$ mm szélességű fényérzékeny papírra, vagy foto-pauszra való regisztrálására szolgál. A görbékkel együtt a mélységvonalakat és a görbék léptékét is felírja a fényérzékeny papírra. A regisztrálás $0,2-1,2$ m/perc papírtovábbítási sebesség mellett történik a kiolvasó berendezés típusától és a mélységléptéktől függően.