

ALSÓ-NÚBIAI SZÉNHYDROGÉN TÁROLÓK INTEGRÁLT TÁROLÓ JELLEMZÉSE A GEOSTATISZTIKAI BIZONYTALANSÁG HANGSÚLYOZÁSÁVAL

TÉZISEK

OMAR SLIMAN

Témavezető

Dr. Geiger János
egyetemi docens



Szegedi Tudományegyetem

Földtani és Őslénytani Tanszék

BEVEZETÉS

A dolgozat célja az Alsó-Núbiai CH-telepek olyan geostatistikai alapú integrált tároló jellemzése. A feldolgozás adatai (rutin magvizsgálatok, geofizikai szelvények elemzései, makroszkópos kőzetanyag leírások, stb) a North Gialo és Farigh szénhidrogén mezőkből származnak. A feldolgozás súlypontja a Waha Olajtársaság tulajdonában levő Nort Gialo (6J) terület. A munka további célja a tároló heterogenitás mikro-,makro- és megaléptékekhez kapcsolódó bizonytalanságának feltárása és geostatistikai eszközökkel való mérése.

A részletes magleírások (makroszkópos elemzések) célja a tárolót felépítő kőzettípusok megismerése, az üledékszerkezetek faciológiai értelmezése és ennek kapcsán az üledékes fácies és a felhalmozódási környezet azonosítása volt.

A konvencionális magvizsgálatok (porozitás, permeabilitás) az ún. kulcskutakból származtak. Ezek várható értékeit – a nem-normál eloszlások torzító hatásának kiszűrése miatt – maximum likelihood becslésekkel volt célszerű közelíteni. A kőzetfizikai tulajdonságok üledékes fáciesenkénti összehasonlítása néhány nem-paraméteres statisztikai próbával történt. Ugyancsak megtörtént a magvizsgálati tulajdonságok korrelációs kapcsolatrendszerének vizsgálata üledékes fáciesenként.

A vizsgált sorozatot harántoló fúrások geofizikai lyukszelvényeinek feldolgozása és kvantitatív kőzetfizikai értelmezése a PETROLOG rendszer segítségével történt. A magmérések kőzetfizikai tulajdonságai a geofizikai szelvényekből számoltakkal igen jó összhangban vannak.

A geofizikai szelvények regionális korrelációját a PEROLOG rendszer által adott eszközökkel végeztük. Ennek során az Alsó-Núbiai sorozatot Alsó-Núbiai Felső (LNU), Középső (LNM) és Alap (LNB) egységekre lehetett bontani. Ezek az egységek további zónákra voltak bonthatók.

A korreláció a teljes magkihozatalú fúrásokban a szelvényalak és a maganyag üledékföldtani leírásának összehasonlításával kezdődött. Ezt a különböző szelvényalakok laterális kiterjesztése követte. Ennek során az ellenállás és gamma szelvények kitűnő markereknek bizonyultak.

A korrelációból, kvantitatív geofizikai szelvényértelmezésből, és a magfúrások litológiai információból származó eredmények voltak a RockWorks rendszer 3D modelljének input oldalai. A kőzettestre felépített 3D földtani modell 3 egységben összesen 14 tároló rétegből állt. A 3D modellek eredményeit keresztmetszetek és térképek mutatják.

Ezt követően a kőzetfizikai log-adatok eredményeinek Szekvenciális Gaussi-Szimulációs alapú sztochasztikus modellezése történt. A bizonytalanság elemzése érdekében, minden kőzetfizikai tulajdonságra, várható érték (E-type) jellegű becslések készültek. Ezek segítségével gridpontonként meg lehetett adni a várható érték körüli, 0.1 szignifikancia szintű, konfidencia intervallumokat. Végül, ezen intervallumok szélessége alapján történt a bizonytalanság „mérése” is.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A tároló architektúra feltárt elemei öt fúrásból származó összesen 330 m maganyag makroszkópos jellemzésén alapultak. Ezek kvantitatív jellemzése

különböző konvencionális és indikátor megközelítések eszközeivel történt. Ezekkel az eszközökkel a szemcseméret (agyag, aleurit és homok) valamint az üledékes szerkezetek és a vastagság legfontosabb geológiai jellegzetességeinek feltárása volt lehetséges. Az elemek kőzetfizikai jellegzetességeit a magmérések és a kvantitatív geofizikai értelmezés eszközeivel írtuk le.

A sztratigráfiai rendszert a geofizikai szelvény-korreláció marker felületeivel definiáltuk. Ennek során az Alsó-Núbiai sorozatot több egységre és ezeken belül több áramlási és kőzetfizikai zónára bontottuk. Ez három lépésben történt. A felosztás azokon a területeken kezdődött, ahol az Alsó-Núbiai sorozat tetejét és talpát a geofizikai szelvényeken könnyen fel lehetett ismerni a gamma és ellenállás szelvényeken. Ezt követően az áramlási egységek felismerése a sűrűségi neutron és és thorium-kálium logok átfedési távolságából volt felismerhető. Végül minden egyes áramlási egységet kőzetfizikai zónákra osztottunk fel. Az azonosított egységek tető értékeinek 3D-onlap lapú rétegtani modelljét a RockWorks rendszerrel állítottuk elő.

A porozitás/permeabilitás kapcsolatot több fél-logaritmikus grafikonon vizsgáltuk. Itt a mintákat kőzettípus, szemcseméret és üledékes fácies alapján kódoltuk. Ezekben a vizsgálatokban minden információ a magvizsgálatokból származott.

A pórus geometria hatását a globális hidraulikai elemek elve alapján lehetett vizsgálni. Ez is több lépésben történt. Elsőként a tároló-minőség indikátorát (RQI) számoltuk ki. Ezt követte a normalizált porozitás, majd az áramlási zóna indikátorának (FZI) meghatározása. Végül a globális

hidraulikai elemek (GHE) által megadható határok alapján a vizsgált rétegtani intervallumot hidraulikai egységekre bontottuk.

A kvantitatív geofizikai értelmezés a PETROLOG rendszerrel végeztük. A vizsgálatok a North Gialo mező tizenegy és a Farigh mező hét fúrására terjedtek ki. A PETROLOG eljárása pedig kvantitatív, determinisztikus elemzés volt. Ennek a lépésnek célja a tárolóban bizonyos vágási értékekhez tartozó az effektív porozitás, a térfogati agyag frakció, a homok frakció, valamint a permeabilitás, az effektív vastagság és permeabilitás meghatározása volt.

A kőzetfizikai tulajdonságok térbeli eloszlásának bizonytalansági elemzése az sGs (Szekvenciális Gaussi Szimuláció) szimulációs rutinnal generált 200, azonosan valószínű, sztochasztikus realizációval történt. A szimulációs terület 28 kútra átlagolt porozitás, permeabilitás és agyagtartalom adatot tartalmazott. A átlagok az Alsó-Núbiai sorozat effektív vastagságára számolt kútátlagok voltak. Mivel a vizsgált tulajdonságok gyakorisági eloszlása szignifikánsan eltért a normáltól, a variancia stabilitására ún. normal score transzformációt kellett alkalmazni. A tapasztalati félvariogramok a megfelelő szögtolerancia alkalmazásával több irányban is elkészültek. Ennek során a három legjellegzetesebb félvariogramot választottuk ki a további modellezéshez. Ezek numerikus közelítését összetett modellekkel végeztük el a VarioWin által biztosított megoldásban. A kapott modellt akkor fogadtuk el, ha a belőle számolható variogram felszín az eredeti adatokéval azonos geometriát mutatott. A Szekvenciális Gaussi Szimulációt 10 méteres grid felbontásra adtuk meg. A bizonytalanság megközelítéséhez 200 db azonosan valószínű realizációt

állítottunk elő. A várható érték típusú becslések a vizsgált tulajdonság legvalószínűbb térbeli eloszlását mutatják. A felső és alsó konfidencia felületeket (0.1 szignifikancia szinten) a várható értéket tartalmazó valószínűségi intervallum határa adta meg. Ennek az intervallumnak vastagsága valamely pontban a bizonytalanság mértékével arányos

TÉZISEK

1. Bebizonyítottam, hogy a vizsgált Alsó-Núbiai kőzettestet a tároló egészében nagyfokú változékonyság jellemzi. Feltártam azokat az elsődleges (szedimentációs) és másodlagos (diagenetikus) faktorokat, amelyek a tároló minőséget alapvetően befolyásolják. Kimutattam, hogy a teljes rétegtani sorozatot a diagenézis által erőteljesen módosított porozitás és permeabilitás jellemzi.
2. Feltártam, hogy az üledékes fáciesek és a porozitás/permeabilitás között semmilyen közvetlen korrelációs kapcsolat sincs. Kimutattam, hogy az Alsó-Núbiai sorozat jelentős része fonatos folyóvízi üledékképződéssel halmozódott fel. Ennek következtében a porozitás és permeabilitás extrém változékony a kőzettestben.
3. Megmutattam, hogy a teljes áramlási rendszernek durván 78%-a a GHE (4,5,6)-ból származik, amely a teljes tároló kapacitásnak csak mintegy 30%-át adja. Ezzel szemben a teljes áramlási kép 22%-a a GHE (2,3)-ból jön, amely a tároló kapacitás 70%-át jelenti. Sőt a porozitás-permeabilitás trend is jó csoportokat mutat, ha a mintákat GHE-kódokkal látjuk el.

4. A megfigyelt magokon nem lehetett azonosítani a nyitott pórusok nagy rendszerét. Kimutattam, hogy a legtöbb pórus zárt, mivel részben kvarccal, részben agyagásványokkal van kitöltve. Ezt a felismerést a kvantitatív geofizikai szelvényértelmezéssel is bizonyítottam. Bár a DST és a termelési adatok is hasonló megállapítást tesznek lehetővé, ez utóbbiak száma kicsi.
5. Eredményeim alapján az LMN-t magas GR és kis ellenállás értékek jellemzik. Ez az egység jellegzetes szendvics kifejlődésű, ahol homokkő és agyag laminák váltják egymást. A homokkövek kőzetfizikai tulajdonságait elsősorban gyenge osztályozottság és a változatos szemcseméret eloszlások befolyásolják.
6. Bebizonyítottam, hogy az LNU sorozat potenciális jó tárolókat tartalmaz. Ezek csak porozitásuk és permeabilitásuk alapján jellemezhetők. Ilyen módon az LNU3, LNU2 és LNU1 jó, az LNU6, LNU5 és LNU4 gyengébb, míg az LNU8, LNU7 és LNU9 gyenge tároló rétegek.
7. Kimutattam, hogy az LNU rendszer a petro-típus megközelítés (Általános Hidraulikai Elemek, GHE) alapján tanulmányozható. A GHE változékonyságok ráképeztem a fáciesekre és a geofizikai szelvényértelmezésekre. Az LNU3, LNU2 és LNU1 egységeket a GHE 3,4 és 5 uralta. Ez a közepes tároló tulajdonság jellemzője.
8. A bizonytalanság becslését a heterogenitás geológiai hátteréhez kapcsoltam. Kimutattam, hogy ezek a jellegzetességek (pl. üledékes fácies, diagenetikus nyomok és vastagság változékonyság) a bizonytalanság részletes leírását tudja adni.

9. Bemutattam, hogy, hogy a permeabilitás és agyagtartalom várható érték típusú becslésének nagy bizonytalansága lényegében a terület három részén jellemző. Ezek a legnagyobb paraméter változékonyságok alapján ismerhetők fel. Ez azt mutatja, hogy a permeabilitás nagy bizonytalanságát elfedte az agyagtartalom bizonytalansága.
10. A tároló tulajdonságok bizonytalanságát a tároló kőzetek kisléptékű heterogenitásához kapcsoltam. A porozitás, permeabilitás és agyagtartalom különböző bizonytalanságai együtt alkalmazhatók a tároló minőség egy-egy kút környéke tároló minőségének elemzésére. Sőt ez a kúttengelytől mért bizonyos távolságra is igaz.

PUBLIKÁCIÓK SZAKMAI LAPOKBAN

1. Sliman, O. and Burgig, K., 2011: Fractured Reservoir Characterization: Integration of well Logs and Geological Data, Libyan Petroleum Research Journal (in press)
2. Sliman, O. and Geiger, J. 2011,: Measuring spatial uncertainty in Lower Nubian reservoirs, Lybia, Acta Mineralogica and Petrographica (in press)
3. Sliman, O. and Kelemen, Z. 2000: The Role of Principal Component Analysis (PCA) in the delineation of Lithofacies based on well logs First Symposium on Well Log Analysis and Formation Evaluation (WLA&FE) , Libyan Petroleum Research Journal, Vol 13(1431) pp.134-146.

PUBLIKÁCIÓK KONFERENCIA KIADVÁNYOKBAN

1. Sliman, O. and Mousa, N., 2010: Reservoir Heterogeneity Qualification and Quantification from Macro and Mega Scales 5th Technology of Oil and Gas Forum (TOG2010), 12-14 October 2010, Tripoli-Libya.
2. Sliman, O. and Lalah, M., 2010: Uncertainties Related to Core Measured and Log Derived Petrophysical Properties 5th Technology of Oil and Gas Forum (TOG2010), 12-14 October 2010, Tripoli-Libya.
3. Sliman, O. and Burgig, K., 2004: Integrated depositional environments characterization of the Nubian sandstone reservoirs, Southeast Sirt Basin, Libya, the 8TH International Conference of Jordanian Geologists Association, April 6-7, 2004, Amman-Jordan.
4. Sliman, O. and Mousa, N., 2004: Identification and quantification of the uncertainty of lithology determination from well log analysis, the Seventh International Conference on the Geology of the Arab World, 16-19 February 2004, Cairo University-Geology Department.
5. Sliman, O. and Burgig, K., 2003: Fractured Reservoir Characterization: Integration of well Logs and Geological Data, The Second International Symposium on Improved Oil Recovery in Libya, September 16-18, 2003, Tripoli-Libya.
6. Sliman, O., 2003: Sand bodies potential reservoirs identification and characterization of Paleozoic rocks in Ghadames Basin of Libya using well log analysis, VIII Symposium on Geomathematical applications, May 05-06, 2003, Szeged- Hungary.

7. Sliman, O. , 1999: Lithofacies analysis in Ghadames Basin made from two well logs Sixth Mediterranean Petroleum Conference

PROJEKT JELENTÉSEK

1. Quantitative Well Log Analysis and integrated Formation Evaluation (well logs, core data, production test data) in 20 wells for the task of evaluating reservoir petrophysical properties, Sirt Basin-Libya
2. Lithofacies analysis based on well logs in 34 wells of Ghadames basin Paleozoic shaly sandstone with interbedding of carbonates, ferruginous shales and organic rich shales. Well log analysis for lithological rock composition and fracturing determination in one borehole Waha field Fach dolomite and Zelten limestone, Sirt Basin-Libya.
3. Water saturation evaluation in Bahi bioherm carbonate borehole A73, Sirt Basin-Libya.
4. Quantitative well log analysis and formation evaluation for water prospecting and production in water producing well Cambro-Ordovician shaly- silty sandstone, Murzuk basin –Libya.
5. Quantitative Log Analysis of Paleozoic Reservoirs in three key wells for Petroleum Potential Evaluation of the Ghadamis Basin Libya, (the responsibility was well log analyst)
6. Murzuq Basin Regional Aquifer Study using borehole data, seismic data,

7. Formation evaluation study for different geological environment reservoirs (Samah, Balat, Dahra, A/F structure) in 12 wells, Sirt Basin-Libya
8. Well log analysis study for 10 wells in on-land exploration Blocks (area 86 and 102/4) in Sirt basin Libya.
9. Ghani-Zenad Simulation Study for Farrud, Gir and Facha reservoirs(the responsibility was petrophysical review of the quantitative log interpretation for 230 wells drilled in Ghani/Zenad areas, Sirt Basin-Libya)
10. Integrated Formation evaluation study for different potential reservoirs (Lower Sabi, Kalash, Tagrifet) in well(A1-NC214), Sirt Basin-Libya