

Petrografske i stratigrafske analize paleogenske Ogwashi-Asaba formacije, Anambra bazen, Nigerija

C. Bassegy i O. Eminue

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Proveden je integrirani analitički pristup koji obuhvaća petrografsku, geokemijsku i sedimentološku studiju na trinaest izdanaka i četiri podzemna uzorka Pakaeogene Ogwashi Asaba formacije u bazenu Anambra. Cilj je bio donijeti zaključak o matičnoj stijeni, povijesti transporta, tektonskom položaju, taložnom okolišu i naftno-plinskom potencijalu. Pješčenjaci su srednje do krupnozrnasti, srednje do loše sortirani, fino do simetrično zakošeni. Dvomierni graf asimetričnosti u odnosu na sortiranost i sortiranosti nasuprot srednjoj veličini, ukazuje na fluvijalni taložni okoliš. Većina pješčenjaka pokazuje bimodalnost, što ukazuje na više od jednog izvora. To su litični areniti koji sadrže 64% lomljenih komada stijene, 31% kvarca, 5% feldspata koji ukazuje da se radi o mineraloški nezrelim pijescima. Trostruki plot osnovnih elemenata otkriva da su izvedeni iz orogena za koji se smatra da je molasni jarak formiran između bazena i kratona. Geokemijske analize su pokazale prevladavanje SiO_2 (5,84-84,57%) i ukupnog Fe (12,69-92,07%) nad svim ostalim oksidima. To ukazuje na oksidacijsku subarealnu sredinu koja pogoduje stvaranje hematita, omjer $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ukazuje na kemijsku nezrelost. Analiza organske tvari u lignitu dala je TOC (ukupna količina organski vezanog ugljika -Total Organic Carbon) od 1,60 - 3,13%. Vitrit, koji je najčešći maceral, ukazuje na mogućnost postojanja plina. Grafički prikaz raspršenosti (očuvanost materije nasuprot indeksu geliranja) pokazuje da su močvare bile taložni okoliš za stvaranje lignita.

Cljučne riječi: Ogwashi-Asaba formacija, bazen Anambra, paleogen, litofacijes pješčenjaka, Nigerija

1. UVOD

Bazen Anambra (JI Nigerije) sastoji se ritmične klastične sekvence pješčenjaka, šejla, siltita, muljnjaka i pjeskovitih šejlova interstratificiranih sa slojevima ugljena.³² Bazen obuhvaća oko 40 000 km² i deo je 6 km. Bazen Anambra se istražuje od 19. stoljeća i bio je glavni geološki centar eksploatacije ugljena od 1909. Napravljena je procjena naftnog potencijala, posebno procjena šejlova. Formacija Ogwashi-Asaba utvrđena je unutar paleogena bazena Anambra, tj. geosinklinala Afikpo.³¹ Ta formacija je određena i kao serija lignita.³³ Formacija je karakteristična po vrlo različitoj litologiji koja uključuje izmjenu glina, pijesaka, krupnozrnastog pješčenjaka i lignita.

Postoje brojna izvješća koja opisuju pojavu, površinsko prostiranje i ekonomsku važnost slojeva lignita.^{1,3,4,5,13,17,33,37,47} Takvi rezultati zahtijevaju definiranje povijesti transporta i taložnog okoliša, korištenjem njihovih litološko/petrografskih karakteristika i teksturnih parametara, kako bi se procijenio izvor i zrelost raznovrsnih facijesa i potencijala ugljikovodika.

2. GEOLOŠKA GRAĐA

Geologiju bazena Anambra opisali su različiti autori.^{3,16,21} Bazen je sinklinalna megastruktura koja se nalazi na jugoistočnom rubu Benue jarka u Nigeriji (slika 1). Prvi bazen Anambra je bio platforma za vrijeme alb-santon razdoblja s ograničenom sedimentacijom. Glavno boranje dogodilo se je u Benue jarka za vrijeme kasne krede, tj. santona.¹⁰ Tada je u santonu zavalala

Abakaliki-Benue podignuta na antiklinorij Abakiliki i stvorila bazen Anambra.^{3,25,37,41} Danas bazen uključuje sedimente debljine 6 km, kampanske do miocenske starosti. Strukturno, on se nalazi između krednog jarka Benue i delte.^{24,32} Sedimentacija u bazenu Anambra nastavljen je s kampansko-mastrihtsko-marinskim i paraličkim sedimentima Nkporo/Enugu šejlova i Owelli pješčenjaka. Ove formacije su prekrivene formacijom Mamu (donja serija ugljonosnih slojeva), Ajali pješčenjacima, Nsukka formacijom (gornja serija ugljonosnih slojeva), Imo formacijom, Ameki formacijom i Ogwashi-Asabi formacijom (slika 2). U bazenu Anambra zastupljeni su sedimenti kontinentalnog, fluvijalnog i plitkog morskog tipa.^{3,29,31,32}

Ogwashi-Asaba formacija je utvrđena unutar paleocena bazena Anambra (geosinklinala Afikpo).³¹ Formacija je karakteristična po izmjeni glina, pijesaka, krupnozrnastih pješčenjaka i lignita.^{12,47} Formacija se uglavnom pojavljuje na području Benina, Asabe, Onitsha i Owerri-a (slika 1).

Reyment³⁷ je smatrao da je to formacija oligocensko-miocenske starosti ali je rezultatima palinološke (studija peludi) studije, koju su proveli Cherie i suradnici²¹, utvrđeno da je bazalni dio srednje eocenske starosti. Ogwashi-Asaba formacija je lateralni ekvivalent formacije Agbada koja se javlja u podzemlju delte Nigera.^{6,7,41}

3. METODOLOGIJA

Terenski podaci uzeti su s uzastopnih izdanaka u kamenolomima, dolinama i riječnim koritima i

Tablica 1. Pregled izračunatih rezultata analiza veličine zrna							
S/N	Uzorak br.	ϕ_{50} Sredina	M Srednja vel.	(δ_1) Standardna devijacija (sortiranje)	(SK1) Uključena grafička asimetričnost	(KG) Uključena grafička zaobljenost (kurtosis)	Interpretacija
1	OGS/1/003	1,60	1,60	1,12	-0,07	0,93	Srednjeznasti, slabo sortirani, gotovo simetrični, mesokurtic
2	OGS/2/003	0,65	0,81	0,86	0,37	1,28	Srednjeznasti, srednje sortirani, fino iskošeni, leptokurtic
3	OGS/3/003	0,57	0,66	0,82	0,17	1,05	Krupnoznasti, srednje sortirani, fino iskošeni, mesokurtic
4	OGS/1/004	1,77	1,78	0,87	-0,01	1,20	Srednjeznasti, srednje sortirani, gotovo simetrični, leptokurtic
5	OGS/2/004	1,75	2,20	1,91	0,39	1,31	Sitnoznasti, slabo sortirani, fino iskošeni, leptokurtic
6	OGS 221 – 250	1,10	1,03	0,83	-0,16	1,08	Srednjeznasti, srednje sortirani, grubo iskošeni, mesokurtic
7	OGS 93 – 122	0,22	0,23	0,89	0,01	0,83	Krupnoznasti, srednje sortirani, gotovo simetrični, platokurtic.
8	OGS 138 – 174	0,38	0,38	1,01	0,40	1,03	Krupnoznasti, slabo sortirani, fino iskošeni, mesokurtic
9	OGS 205 - 221	0,12	0,10	1,01	0,48	1,02	Krupnoznasti, slabo sortirani, fino iskošeni, mesokurtic.

Tablica 2a. Rezultati analize izbruska pokazuju mineraloški sastav						
S/N	Sample No	Monokristalni kvarc, %	Feldšpat, %	Lomljeni komadi stijena, %	Vezivo, %	Matriks, %
1	OGS/1/002	30,0	2,9	9,0	55,6	2,5
2	OGS/2/002	10,0	8,5	42,5	38,5	0,5
3	OGS/3/002	8,0	9,5	47,0	27,5	8,0
4	OGS/1/003	23,0	4,5	42,2	9,8	20,5
5	OGS/2/003	50,0	2,9	34,3	9,3	3,5
6	OGS/3/003	60,0	3,1	27,4	7,5	2,0
7	OGS/1/004	35,0	4,2	41,8	4,5	14,5
8	OGS/2/004	48,0	3,8	23,0	8,5	16,7
9	OGS/3/004	18,5	5,6	8,5	5,7	61,7

Tablica 2b. Ponovo izračunati postotak kvarca, feldspara, lomljenih komada stijena i MMI					
S/N	Uzorak br.	Kvarc, %	Feldspat, %	Lomljeni komadi stijena, %	MMI, %
1	OGS/1/002	30,0	2,9	67,1	0,43
2	OGS/2/002	10,0	8,5	81,5	0,11
3	OGS/3/002	8,0	9,5	82,5	0,09
4	OGS/1/003	23,0	4,5	72,5	0,30
5	OGS/2/003	50,0	2,9	47,1	1,00
6	OGS/3/003	60,0	3,1	36,9	1,50
7	OGS/1/004	35,0	4,2	60,8	0,54
8	OGS/2/004	48,0	3,8	48,2	0,92
9	OGS/3/004	18,5	5,6	75,9	0,23

procijenjeni kako bi se dobile informacije o vrstama stijena i njihovoj stratigrafiji. Uzorci su uzeti na području Asaba, Azagba-Ogwasbi, Okpana i Ibusa (slika 1). Prikupljeni su podaci o teksturi, boji, veličini zrna, debljini, sedimentacijskim strukturama, vrstama stijena i karotazi.

Za granulometrijsku, petrografsku i analizu organske smjese (TOC i maceral) izabrano je 17 uzoraka. Granulometrijske studije su provedene na devet uzoraka nekonsolidiranog pješčenjaka koristeći zbirne britanske norme za mreže sita (stacked British standard mesh sieves) i to s otvorima od 1 180, 1 000, 850, 600, 212 i 75

mikrona, drmane Ro-Tap vibracijskim sitom. Tehnike prilagođene izradi krivulja frekvencija izveo je Agagu.² Matematička rješenja predložili su Friedman¹⁹ i Lindholm.²³ Srednji promjer, standardna devijacija, vrijednosti asimetrije i spljoštenosti/izduženosti (kurtosis) izračunati su korištenjem linearne interpolacije i postotka ukupne težine za ϕ_5 , ϕ_{16} , ϕ_{25} , ϕ_{50} , ϕ_{75} , ϕ_{84} i ϕ_{95} .

Analize macerala provedene su na tri uzorka lignita. Uzorci su zdrobljeni i raspršeni u mrežu od 1,18 - 1,16 mm. Pripremljen je uzorak s omjerom učvršćivača i epoksidne smole 1:3. Standardne laboratorijske tehnike korištene su za razgradnju sedimenta pomoću kalijevog dikromata i sumporne kiseline, kako bi se obradili uzorci za TOC analizu metodom mokre oksidacije Wackley-Black.⁴⁶ Oksidi Al, Fe, Mg, Na, K, Si, Ca i Mn utvrđeni su korištenjem metode atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) po švicarskom modelu buck 2000.

4. REZULTATI I INTERPRETACIJA

U studiji su opisani rezultati svih analitičkih metoda. Kritična procjena svake grupe rezultata pomogla je njihovoj pravilnoj interpretaciji.

4.1 Rezultati

Pregled izračunatih rezultata analiza veličine zrna dan je u tablici 1. Srednja grafička veličina (M) pješčenjaka varira od 0,10 do 2,20 s prosječnom srednjom veličinom od 0,98, što je krupnozrnasto.

Uključena grafička standardna devijacija (Si) kreće se od 0,82 do 1,91, što ukazuje na umjereno do loše sortirane pješčenjake. Uključene vrijednosti grafičke asimetričnosti kreću se od -0,07 do 0,84 i ukazuju na gotovo potpunu simetričnost do male asimetričnosti. Raspodjela vrijednosti veličine čestica, koje su iscrtane na histogramima, pokazuje pretežno bimodalni raspored. Ovdje zabilježene nenormalne vrijednosti zaobljenosti (kurtosis) karakteristične su za bimodalne sedimente čak i ondje gdje takav mod nije vidljiv na krivuljama frekvencije.⁴²

Mineraloški sastav osnovnih komponenti pješčenjaka i drugih minerala prikazan je u tablici 2a i 2b. Kvarca ima 31%, lomljenih komada stijena 64% i glinenca (feldspata) 5%. Trojni (ternarni) prikaz osnovnih elemenata koji je koristio Pettijohn³⁵, omogućio je da se

pješčenjaci klasificiraju kao litični areniti (slika 3). Glinenci nađeni u pijesku su detritski i sastoje se od kalijevih i natrijskih glinenaca. Kvarcno vezivo je prisutno u obliku mikrokristaličnih i kristaličnih agregata u šupljinama i kao prekomjerni rast zrna kvarca. Zrna kvarca su zaobljena i polu zaobljena a neki oblici ukazuju na kompakciju sedimenta.

Relativna zastupljenost glavnih elemenata pokazala je dominaciju SiO₂, Al₂O₃ i ukupne željezovite supstance u pješčenjacima (tablica 3). Suprotno tome zabilježene su male vrijednosti MnO₂, Na₂O, K₂O, CaO i MgO. Ovi podaci upućuju na to da su sedimenti aluminantni i alkalni s malo metala. Takva osobina je tipična za litične arenite.³⁴ Vrijednosti SiO₂, koje se kreću se između 84,01 i 40,35 wt% (weight percent - težinskog ili masenog postotka), navedene su za litične arenite povezane s formacijama ugljena.³⁶

Rezultati TOC analiza prikazani su u tablici 4. Srednja vrijednost TOC-a je 2,21%. Sastav macerala (organske komponenta ugljena) lignita dan je u tablici 5. Udio vitrinita kreće se od 83,7 do 94,4% (srednja vrijednost 87,8%). Udio liptinita je od 1,5 do 2,3% (srednja vrijednost 5,13%). Udio internita (fosilizirani drveni ugljen) je od 4,1 do 12,4% (srednja vrijednost 7,1%). Rezultat pokazuje da su ligniti i vitrinit dominantni litofacijesi ugljena. Indeks očuvanja tkiva (TPI) i indeks gelifikacije (GI) određeni su iz sastava mecerala prema Dieselu¹⁵:

$$GI = (\text{vitrinit} + \text{makrinit}) / (\text{Semifuzinit} + \text{usinite} + \text{Intertodetrinit}) \quad (1)$$

$$TPI = (\text{Vitrinit A} + \text{Semifuzinit} + \text{Fuzinit}) / (\text{Vitrinit B} + \text{Makrinit} + \text{Intertodetrinit}) \quad (2)$$

Izračunate vrijednosti GI se kreću između 9,3 i 34,4 dok su vrijednosti TPI između 0,1 i 0,2. Smatra se da su vitrinit A i B humotelinit odnosno humokolinit.

4.2 Interpretacija

Integracija rezultata svih različitih primijenjenih analitičkih metoda dovela je do pouzdanije interpretacije i rasprave o povijesti transporta i taložnom okolišu formacije Ogwashi-Asaba. To je uvelike poboljšalo

Tablica 3. Koncentracija osnovnih elemenata Ogwashi - Asaba formacije

S/N	Uzorak No.	MnO ₂ wt%	Na ₂ O wt%	K ₂ O wt%	CaO wt%	MgO wt%	Ukupno Fe wt%	SiO ₂ wt%	Al ₂ O ₃ wt%	Vrsta stijene
1	OGS/2/001	0,03	0,26	0,16	Neznatno	0,03	67,45	3,71	28,18	Glinjak
2	OGS/4/003	0,02	0,81	1,09	Neznatno	0,25	27,29	34,44	36,38	Glinjak
3	OGS/1/002	0,01	0,37	0,54	Neznatno	0,12	60,12	37,90	1,16	Pješčenjak
4	OGS/2/002	Neznatno	0,27	0,21	0,01	0,05	81,65	17,50	1,73	Pješčenjak
5	OGS/3/002	0,01	0,20	0,21	0,02	0,08	92,07	5,84	1,55	Pješčenjak
6	OGS/1/003	0,02	0,82	1,20	Neznatno	0,23	59,72	29,95	8,27	Pješčenjak
7	OGS/2/003	0,02	5,55	1,95	Neznatno	0,26	23,96	64,49	3,74	Pješčenjak
8	OGS/3/003	0,01	0,54	0,40	Neznatno	0,18	12,69	84,57	1,36	Pješčenjak
9	OGS/1/004	0,02	0,95	1,09	Neznatno	0,30	35,84	56,05	5,46	Pješčenjak
10	OGS/2/004	0,02	0,90	0,91	Neznatno	0,18	23,33	67,60	7,06	Pješčenjak

Tablica 4. Rezultat analiza ukupne količine organski vezanog ugljika (TOC)

S/N	Uzorak No	TOC %	Srednji TOC %
1	OGS/1/001	1,60	2,21
2	OGS/005	1,90	
3	OGS/006	3,13	

procjenu porijekla i zrelosti njezinih različitih facijesa i potvrdilo njen potencijal na ugljikovodike.

4.2.1 Povijest transporta

Veličina klastičnih sedimenata uglavnom se smanjuje nizvodno, iako jaka riječna struja može prenositi krupni šljunak ili krupnozrnaste krhotine stijena na veliku udaljenost od mjesta nastanka, dok se glina i silt (nađenim u playa lakes - plitkim jezerima koja presušuju ljeti) talože bliže području nastanka. Prema tome, veličina zrna uglavnom ovisi o brzini struje i topografiji paleoreljefa. Pedeset šest posto (56%) pješčenjaka je blago iskošeno što pokazuje da je brzina struje taloženja bila niža od srednje brzine kod koje dolazi do taloženja srednje do krupnozrnaste frakcije.³⁸ To ujedno ukazuje na jednosmjerno strujanje i selektivno taloženje tih pješčenjaka. Umjereno do slabog sortiranja je indikativno za kratkotrajni transport i promjenljivost nivoa vode kod struje taloženja.

Visoki postotak fragmenata sedimentnih stijena u obliku rožnjaka jasno pokazuje da su sedimenti prošli kratak period transporta i intenzivno kemijsko raspadanje, jer pijesci bogati rožnjacima ukazuju na vrlo lokalno ishodište¹⁸ (taloženje gotovo "in situ"). Intenzivnije raspadanje na području nastanka može dovesti do raspadanja feldspata, otuda potječe i njihov mali udio nizvodno. Zaobljena do poluzaobljena zrna kvarca vjerojatno su rezultat erozije prije taloženja. To je potvrđeno prisustvom povećane količine zaobljenog kvarca i mjehurića mikrokvarca ispunjenih tekućinom.¹⁸

4.2.2. Zrelost pješčenjaka kao mjerilo konačnog stanja čvrste stijene

Zrelost, kojom se mjeri približavanje klastičnih sedimenata prema stabilnom konačnom stanju, izražena je teksturno, mineraloški i kemijski. To je jedan od najvažnijih ključeva za razumijevanje okoliša taloženja,

imajući u vidu pregledno nazivlje kojim se označuje efikasnost procesa sedimentacije, kao što su vijanje, sortiranje i abrazija detritusa. Pješčenjaci analizirane formacije su teksturno nezreli i imaju relativno visoki postotak gline (>5%) i visoku vrijednost sortiranja (>1.0 ϕ), kao što je to utvrdio Folk.¹⁸ Mineraloški indeks zrelosti (MMI) se kreće od 0,09 do 1,50 (tablica 2b), što pokazuje da su sedimenti mineraloški nezreli, temeljeno na numeričkoj skali mineraloške zrelosti predložene od Nwajide and Hoque.²⁸

Prema Hayesu²⁰, sublitični i subarkozni areniti su mehanički i kemijski nestabilni. Na osnovu činjenice da je glinica najmanje mobilni oksid, ona opstaje u sedimentima i preko jednog ciklusa sedimentacije. Stoga se omjer silicij dioksid - glinica u glinovitim sedimentima (npr. pješčenjacima) može koristiti kao kemijski indeks zrelosti.^{22,34} Vrijednost srednjeg omjera $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ je 3,80, stoga su pješčenjaci kemijski nezreli.

4.2.3 Tektonski položaj matične stijene

Erozija u područjima visokog reljefa uslijed turbulencije i brzog taloženja stvara nezrele i slabo sortirane sedimente. Međutim u područjima visokog reljefa, ali s relativno ravnim dijelovima, neka se područja između tokova mogu zadržati. Erozijski u tim područjima proizvodi zreli raspadnuti detritus. To je obično slučaj kod riječnog sustava koji se otvara u platformu ili plitki bazen iznad nivoa mora. Istodobno postojanje zaobljenih zrna kvarca i gline u sedimentima potvrđuje ovu tvrdnju. Ternarni (trojni) graf "framework moda" (QFR) za pješčenjake ove formacije¹⁴ pokazuje da je njihov tektonski položaj reciklirano orogenog mjesta podrijetla (slika 4). Mišljenje je da ovaj sedimentni materijal potiče iz preoblikovanih materijala molase jarka formiranih između bazena i kratona. Litični pješčenjaci javljaju se u unutarnjem tektonskom kopnu (za razliku od kratona) zajedno s molasnim facijesom a rezultat su orogenetskog podizanja geosinklinale ili subdukcije rubova. Ovo objašnjenje se može povezati s uzdignućem jarka Iking na krilu bore Calabar⁴⁷ i supsekventnih taloženja sedimenata u gornjem čelu delte bazena Nigera.

4.2.4 Taložni okoliš

U ovoj studiji taložni okoliš je interpretiran u smislu sastava macerala, sadržaja TOCa, tekstualnih parametara i litofacijesa.^{8,26,38} Mogući zaključak iz parametara statističke raspodjele veličine zrna, spojen s dvomjernim grafovima asimetričnosti nasuprot sorti-

Tablica 5. Rezultat analiza macerala pokazuje sastav macerala na ispitivanom području

S/N	Uzorak br.	Vitrinit	Humotellinit	Humocollinit	Humodetrinit	Liptinit	Sporinit	Kutinit
1	OGS/1/001	85,3	3,2	20,6	61,5	2,3	0,4	0,3
2	OGS/005	83,7	1,5	10,1	72,1	11,6	1,6	7,9
3	OGS/006	94,4	2,1	10,0	82,3	1,5	0,5	0,2

Rezinit	Liptodetrinit	Alginin	Inertinit	Fuzinit	Semifuzinit	Inertodetrinit	Makrinit	Ukupno
1,6	-	-	12,4	3,7	-	5,8	2,9	100,0
2,1	0,2	-	4,7	-	-	2,5	2,2	100,0
0,3	0,5	-	4,1	-	0,7	2,3	1,1	100,0

ranju¹⁹ i grafova sortiranja nasuprot srednje veličine (sl. 5 i 6), je taj da su pješčenjaci taloženi u paleo-fluvijalnom okolišu. Prisustvo glinovitih, pjeskovitih i ugljevitih materijala unutar iste formacije podrazumijeva spajanje sedimenata formiranih u različitim lokalnim sredinama uključujući one iz aluvijalne lepeze, delte, prodelte i močvarnom okolišu.

Čini se da sekvenca ciklusa usitnjavanja zrna prema gore sedimenata Ogwashi formacije ima lokalno prostiranje što ukazuje na migraciju riječnih kanala kroz poplavno područje.⁹ Prema tome sekvenca duguje svoju cikličnost promjeni kanala (avulzija - brzo napuštanje jednog riječnog kanala i formiranje novog kanala) uslijed premještanja rijeke/agradacije preko njenog poplavnog područja.³¹ Pojava i usitnjavanja i okrupnjavanja sekvenci prema gore proizlazi iz fluvio - delta taloženja potaknutog postupnom progradacijom rijeke duž delte.³⁹ Gornja deltna ravnica iskazuje sklonost akumuliranju ugljena, ali s velikom raznolikošću u debljini i sklona je presijecanju kanala, procesu bitnom za pojavu lignita u toj formaciji, koja je na svim mjestima omeđena muljnjakom. Slojevi lignita i razbacani ugljeviti detritus formirani su istovremeno u paleo-močvari.⁴⁰ Prošireni muljnijaci poplavnih sedimenata ukazuju na taloženje u subaeralnim uvjetima.

Međutim, facijes ugljena proturječi potpuno oksidirajućim (kiselim) uvjetima, zapravo se radi o promjeni oksidacijsko-redukcijskog potencijala (Eh) okoliša. Visoko redukcijski uvjeti su prevladavali u močvarama među meandrima i u područjima između kanala delte. Vrijednosti TOCa lignita su veće od 1% što ukazuje na anoksični okoliš taloženja.¹¹ U takvom okolišu iz vodenih masa na dnu iscrpljen je kisik, što je prevladavajuća situacija u močvarama s tresetom, zbog slabe cirkulacije vode i intenzivne biološke degradacije koja ograničava disanje anaerobnih bakterija/mikroba.

U cilju određivanja tipa taložnog okoliša za lignite, podaci macerala su procijenjeni u svijetlu različitih vrsti močvara i rezultirajućeg dominantnog macerala, kako je to prikazano od Teichmuller⁴⁴ i na dijagramima facijesa ugljena.¹⁵ Vrste močvara i bara, opisane od Teichmullera⁴⁴, a temelje se na pretpostavci da se karakteristične biljke pojavljuju u svakoj vrsti močvare a njihovi ostaci se mogu petrografski odrediti analizama macerala i litotipa. Graf huminit-liptinit-internit za lignite, u proučavanom području, ukazuje na taloženje trske i šaša u močvarama (slika 7). Karakterizacija okoliša na osnovu prikaza indeksa očuvanja materije (TPI) i indeksa formiranja gela (GI) ukazuje na njihovo nastajanje u močvarnom ili jezersko močvarnom okolišu. Prijašnje sedimentološke studije su istakle dominaciju paraličkog (fluvijalnih i deltnih) okoliša za litofacijese ugljena. Vjeruje se da su ti okoliši pod utjecajem izmjenjivanja visokog i niskog vodnog lica što je potaknulo rast močvarne trske u nižim unutrašnjim deltnim ravninama.^{4,32}

4.2.5 Potencijal izvora ugljikovodika

Vitrinit, dominantan maceral, u usporedbi s kerogenom na dijagramu van Krevelen-a, Tissot-a i suradnika⁴⁵, ukazuje na prevladavajuću ulogu kerogena tipa III koji je dominantan pri stvaranju plina. Ovo je potkrijepljeno

činjenicom da je dominantna grupa vitrinita izvedena iz lignina i celuloze, koji sadrže biljnu organsku materiju s mogućnošću stvaranja plina. Maceral liptinit odgovara organskom materijalu tipa II koji je transformiran u kerogen tip II, koji može proizvesti i naftu i plin. Internit, grupa macerala koja odgovara kerogenu tip IV, koji se smatra "mrtvom matičnom stijenom", sastavljen je uglavnom od recikliranih ili oksidiranih organskih materijala. Iz sastava na proučavanom području prikupljenih uzoraka macerala, može se zaključiti da je kerogen uglavnom tipa III koji je formiran iz humusne organske materije dobivene iz terestričkog biljnog materijala kontinentalnog porijekla s vrlo malim učešćem marinske organske materije.

Kemijske osobine različitih vrsti macerala u svezi s termičkom prošlošću bazena su važan aspekt u predviđanju nalazišta nafte i plina.¹¹ Nivo zrelosti se može odrediti korelacijom tipa kerogena s odgovarajućom grupom macerala.³⁰ Kerogen tip III u fazi katageneze (catagenesis - kemijske promjene u stijenama nakon što su bile prekrivene slojevima novih sedimenata) okarakteriziran je reflektancijom vitrinita (Ro) od 0,5 do 1,35 i temperaturom između 150 °C i 200 °C.⁴³

5. OCJENA REZULTATA I ZAKLJUČCI

Bazen Anambra u SI Nigeriji se sastoji od sedimenata kredne do miocenske starosti s formacijom Ogwashi-Asaba koja prekriva bazen na području istraživanja. Proučavano područje obuhvaća regije Ibusa, Azagba-Ogwashi, Okpanam i Asaba. Opisane su tri glavna litofacijesa. To su lignit, pješčenjak i muljnjak. Analize veličine zrna pokazuju da su pješčenjaci uglavnom krupnozrnasti do srednjezrnasti i pretežno bimodalne distribucije. Isto tako oni iskazuju gotovo simetričnost do vrlo blage asimetričnosti. To pokazuje da je brzina struje, koja je istaložila fine sedimente, bila manja od prevladavajuće brzine. Općenito, pijesci su umjereno do slabo sortirani i pokazuju prevlast fragmenata sedimentnih stijena što ukazuje na kratku povijest transporta iz visokog reljefa. Sedimenti pokazuju mesokurtic do leptokurtic karakteristike (Kurtosis - mjera zaobljenosti krivulje raspodjele frekvencija. Mesokurtic -zaobljenost normalne krivulje, Leptokurtic -šiljatija od normalne krivulje, Platokurtic - plosnatija od normalne krivulje). Dvomierni plot asimetričnosti u odnosu na sortiranost i sortiranost nasuprot srednjoj veličini, ukazuje na fluvijalni transport pijeska u kontinentalnom okolišu. Pješčenjaci su po teksturi, kemijski i mineraloški nezreli a sortirani su slabo do umjereno s velikim sadržajem glinovite materije, većim od 5% i niskim omjerom SiO₂/Al₂O₂ srednje vrijednosti 3,80, kao i niskim Q/F+R, srednje vrijednosti od 0,14 do 2,61. Na osnovu zaobljenosti i poluzaobljenosti zrna kvarca te njihovog preobilja, zaključeno je da su to sedimenti drugog ciklusa.

Pojava klastičnih ugljevitih sedimenata, povezanih sa željezovitim klastitima ukazuje na istodobno postojanje oksidacijskih i redukcijskih uvjeta u taložnom okolišu. Redukcijski uvjeti prevladavali su u močvarama sustava meandara i tresetnih močvara gornje deltna ravnice, potičući nastajanje lignita s visokim sadržajem TOCa.

Oksidacija je u glavnom kanalu uzrokovala crvenilo pješčenjaka i gline (ili mulja), što je zapaženo na većem dijelu proučavanog područja. Obje sekvence, usitnjavanje i okrupnjavanje zrna prema gore, što je opaženo na pješčenjacima, ukazuju na fluvio deltno taloženje.

Objašnjenje različitih podokoliša izvedeno je na osnovu nalaza različitih litofacijesa. Smatra se da je bazalni konglomerat grubi rezidualni materijal, preostao u kanalu kod normalnog protoka, prekriven pjeskovitim klastitima smanjenje veličine, meandarskog spruda s padom brzine taloženja. Dokazano je da su muljnjaci rezultat male brzine taloženja na poplavnom području i potkovičastim jezerima. Prateći ligniti su tipični sedimenti močvarnog ili barskog okoliša.

Analize lignitnog TOCa pokazuju da su oni bogati terigenom organskom materijom na što ukazuje prevladavajući sadržaj vitrinitnih macerala naspram grupa liptinita i internita. Taj maceral odgovara kerogenu tip III i kao takav ima sav potencijal za stvaranje plina. Prema tome ligniti su plinonosni ugljen, nekonvencionalna matična stijena.



Autori:

Clement Bassey, Department of Geosciences, Akwa Ibom State University, Mkpato Enin, Nigeria

Oboho Eminue, Department of Geosciences, Akwa Ibom State University, Mkpato Enin, Niger, e-mail: beminue@yahoo.com

UDK : 550.8 : 551.7 : 552 : 550.4 (669)

550.8 geološka istraživanja
551.7 stratigrafija
552 petrografska analiza
550.4 geokemija
(669) Nigerija