

Komparativne analize učinkovitosti željeznog glukonata i sintetičkog magnetita u svojstvu čistača sulfida pri bušenju na naftu i plin

M. K. Amosa, I.A. Mohammed, S.A. Yaro, A.O. Arinkoola i G.O. Azeez

STRUČNI ČLANAK

Dva spoja željeza prihvatljiva po okoliš (sintetički magnetit i željezni glukonat) vrednovani su kao čistači sulfida pri temperaturama od 25 °C, 35 °C, 45 °C i 55 °C kod pH vrijednosti 12 u bušačkoj isplaci zagađenoj sulfidom. Otkriveno je da je željezni kompleks bolji pročistač od sintetičkog magnetita. On je pokazao stopostotnu sposobnost čišćenja unutar prvih 40 minuta miješanja. Korištena je ista koncentracija reagensa, 700 mg/l čistača nasuprot 700 mg/l sulfida (tj. omjer koncentracije sulfida prema koncentraciji čistača bio je 1:1). Učinkovitost čišćenja sintetičkim magnetitom bila je samo oko 30 posto nakon 2 sata miješanja. Nije otkriveno da je dodavanje kompleksa željeza isplaci štetno za reološke osobine isplake. Njegov unos pridonio je stabilizaciji reoloških svojstava isplake.

Ključne riječi: bušači fluidi, ekološki prihvatljivo, željezni glukonat, čistači sulfida, sintetički magnetit

1. Uvod

Mnoga naftonosna polja doživljavaju povećanje koncentracije sumporovodika u proizvodnom nizu. Primijećeno⁵ je da se plin koji sadrži sumporovodik pojavljuje na starim naftnim poljima gdje ranije nije zabilježena prisutnost sumporovodika. Prisutnost sumporovodika predstavlja probleme vezane uz sigurnost osoblja, povećanu koroziju, naponsko raspucavanje izazvano sumporovodikom, i povećanu emisiju sumpor-dioksida kada se proizvedeni plin spaljuje kao gorivo, čime su se morali baviti operatori na ležištu.

Budući da je poznato da prisutnost sumporovodika, za vrijeme i nakon bušenja, može prouzrokovati probleme po zdravlje, sigurnost i okoliš, potrebno je neprekidno istraživanje u potrazi za pouzdanim načinima rješavanja problema. Isplaka koja kruži unutar bušaće kolone vraća toksični plin natrag na površinu, gdje se on oslobađa i predstavlja veliku opasnost za osoblje na bušačem postrojenju i okoliš.

Sumporovodik (H_2S) je plin koji nastaje prirodno, obično se nalazi ispod površine u područjima ispod kojih se ne događa oksidacija minerala. Sastavni je dio nekih ležišta nafte i plina, većinom se pojavljuje u malim postotcima u okviru ukupnog fluida, iako se u nekim ležištima H_2S pojavljuje u koncentraciji i do 30 posto.²¹ Stvaranju sumporovodika također pridonose bakterije koje reduciraju sulfate (Sulphate reducing bacteria - SRB). Primijećen je povećani udjel H_2S u proizvedenim fluidima, nakon početka zavodnjavanja. Biogena proizvodnja H_2S zasigurno je uzrok ovoga problema u brojnim od tih ležištima. No SRB u stvarnosti ne napada isplaku već se s njegovo štetno djelovanje očituje na pakerskim fluidima.¹¹ Problemi povezani sa stvaranjem

plina koji sadrži sumporovodik dobro su poznati: toksičnost, korozija, suvišak krutih čestica (pokazatelj naročito visokih vrijednosti granice popuštanja materijala, plastične viskoznosti i čvrstoće gela), filtracijski gubitak bušaće isplake, problemi emulzije i površinske opreme, i nužnost uklanjanja H_2S prije prodaje. Svake se godine utroši više milijuna dolara na detekciju i ublažavanje gubitka težine i drugih vrsta korozije opreme u industriji nafte i plina.²¹

U industriji nafte i plina uobičajeno je držati isplaku na visokom pH, a kasnije uvesti čistač sulfida. Čistač sulfida tada pretvori sulfid u siguran, blag i nereverzibilan oblik.

Mnogim industrijskim kemikalijama za potrebe bušenja, od kojih se neke koriste kod izrade bušotine, opremanja bušotine, remonta bušotine i napuštanja, zajedničko je da su toksične, a neke nisu u dovoljnoj mjeri biorazgradljive.

S povećanom sviješću o potencijalnim učincima kemijskih aditiva na okoliš, posebice u morskom okolišu, postoji neprestana potreba za razvitkom učinkovitijih i manje toksičnih alternativa.

2. Teorija

2.1 Kratak pregled čistača H_2S koji se koriste u isplakama

Mnogi poznati mehanizmi koriste se za imobilizaciju H_2S iz bušačkog fluida:

- bakar karbonati⁴
- vodik peroksid⁴
- spojevi cinka, naročito bazični cink karbonat⁹
- željezo oksid, naročito magnetit⁹

- spojevi koji sadrže klor (npr. klor-dioksid i natrij-hipoklorit)⁶
- organski spojevi (npr. akrolein i formaldehid), metanol, glioksal, amini, triazini, naftenati, kelati, etilendiamintetra octene kiseline – EDTA, hidroksietil etilendiamin tria octena kiselina - HEDTA, nitrilotri-octena kiselina – NTA, itd.

Dostupno je obilje literature koja opisuje različite metode smanjenja sadržaja sumporovodika u plinu i isplaci. Iako samo nekoliko dosad predloženih kemikalija/metoda može učinkovito ukloniti H₂S, većina ovih metoda čini se nepraktičnim radi cijene i kompatibilnosti. Na primjer, spojevi bakra stvaraju korozijski članak na feritnim materijalima i vodikov peroksid, pa su oni prerađivni s drugim kemikalijama u isplaci.⁴ Usprkos činjenici da cink-karbonat remeti reologiju, ipak se koristi u industriji.⁹ Cink je također klasificiran kao teški metal, stoga nije povoljan po okoliš. Oksid željeza koji je povoljniji po okoliš u usporedbi s cinkom, no postoje neriješena pitanja u vezi njegove učinkovitosti pročišćavanja i brzine reakcije. Većina organskih spojeva je pogodnija za desulfurizaciju nego za fiksaciju sulfida iz bušaćih fluida. Osim toga, sporna su pitanja u vezi zdravlja, sigurnosti i okoliša, jer neki od njih predstavljaju opasnost po zdravlje.¹⁶ Neki od tih spojeva su štetni, korozivni ili sadrže korozivne nusproizvode, mogu biti nestabilni ili potencijalno eksplozivni i mogu zahtijevati posebne načine rukovanja.¹⁷ U članku Erica⁸ objavljenom u SAD patentu iz 2004. navedeno je da željezni glukonat može učinkovito uklanjati sulfide iz bušaćih fluida. Eric je stoga napravio neka ispitivanja kako bi istražio učinke desulfurizacije spojeva željeza. Glavna ispitivanja su napravljena u cilju spoznaje učinaka željeznog glukonata na reologiju isplake. Nakon obavljenih ispitivanja zaključeno je da nema negativnih učinaka.

2.2 Svojstva željeznog glukonata

Čistač je reaktivan spoj željeza, komercijalno dostupan. Glukonat se sastoji od željeza, vezanog na dvije molekule glukonske kiseline, koja je kiselinski oblik glukoze.¹ Molekularna formula mu je C₁₂H₂₂FeO₁₄·2H₂O, a molekularna težina iznosi 482,17 g/mol. To je neotrovan, nekoroziivan topljivi prah. Spoj je kompleksan i nema formalnog vezanja, za razliku od kelata, i stoga ima prednost da se željezo lagano oslobađa pri reakciji sa sulfidima.¹⁸ To ukazuje da je spoj lako biorazgradljiv s obzirom na odlaganje krotina nakon bušenja. Općenito je stabilan, posebno kada su u pitanju pH i temperatura. pH stabilnost je dobra čak i kod otopina kod kojih vrijednost pH doseže 12 i više.¹⁵

Kulgawczuk *et al*¹² također su ustanovili da je spoj stabilan pri visokim temperaturama do 205 °C (401 °F) nakon čega je primjetna dekompozicija.

Predložena/vjerojatna reakcija željeznoga glukonata sa sulfidima:



željezni glukonat + sulfid → željezo sulfid + glukonat

3. Pokusi

3.1 Materijali i instrumenti

Kao čistači korišteni su komercijalno dostupni željezni glukonat i magnetit. Korištena isplaka na bazi vode, bila je zasićena isplaka na bazi prirodne slane vode (sastav isplake prikazan je u tablici 1). Reagens kalijev hidroksid Analar* stupnja čistoće, kalijev hidroksid, HCl, korištene su kuglice natrij sulfida. U ispitivanjima su korišteni sljedeći instrumenti: pH metar (model OMEGA PHH-3X), Agitator (model INBS 3000), Chemetrics Vacuettes Kit (Vacuettes K-9510B), Filter Paper (Whatman No. 50), Fann Viscometer (Fann 35A Model) i API Filter Press

3.2 Ispitivanja odsumporavanja

U laboratorijskim testovima čistača sulfida najčešće je korišten natrijev sulfid s kojim se lako barata umjesto visokotoksičnog plina H₂S koji stvara teškoće i opasnosti prilikom rada. Na taj način sulfid je već u ionskome obliku.¹⁹ U ovom eksperimentu otopljeno je 700 mg/l natrijeva sulfida u zasićenoj isplaci na bazi prirodne slane vode, kako bi se simulirao efekt apsorpcije H₂S u isplaci pri visokoj vrijednosti pH. U skladu s testom dodano je 700 mg/l čistača te je nakon nekoga vremena zamijećeno smanjenje koncentracije sulfida. Omjer sulfida i čistača bio je 1:1 (npr. korišteno je 700 mg/l od svakog čistača kako bi se očistila ista količina sulfida). To je učinjeno pri temperaturama od 25 °C, 35 °C, 45 °C i 55 °C. Pri svim vrijednostima sadržaj spremnika je miješan sa 60 okr/min u ukupnom vremenu od 140 min. Sadržaj sulfida mjereno je pri intervalima miješanja od 20 minuta. Ovo je u skladu s metodom koju su koristili.¹⁰ Otopina je ostavljena da se slegne, a zatim je filtrirana korištenjem filter-papira. Nakon toga je izmjeren udjel

Tablica 1. Sastav isplake na bazi slane vode

Sastojci	Koncentracija
Natrij klorit	80 lb/bbl
Kalij hidroksid (KOH)	1,5 lb/bbl pH 12
Natrij karbonat	0,11 lb/bbl
API Bentonit	20 lb/bbl
Polianionski celulozni polimer	1,7 lb/bbl
Preželatinizirani kukuruzni škrob	2,0 lb/bbl
Krom Ilignosulfonat	4,0 lb/bbl
Agens protiv pjenjenja na bazi alkohola	2,0 lb/bbl
Natrij bisulfat	1,2 lb/bbl
API barit – barij sulfat of SG 4.2SG – spec. težina 4,2 g/cm ³	15 lb/bbl
Ksantan guma	0,85 lb/bbl

lb = 0.453 kg; bbl = 0.159 m³

*Analar reagens – kemijski reagens visoke čistoće s poznatim zagađivačima, koristi se u kemijskim analizama

sulfida uporabom Chemetricsove kemikalije metilensko plave otopine. Slika 2. prikazuje proces odsumporavanja.

3.3 Reološka ispitivanja

Za izvođenje reoloških ispitivanja korištena je mješalica VG metar (A Fann VG meter) model 35 A, viskozimetar sa 6 brzina. Brzine viskozimetra su 3, 6, 100, 200, 300 i 600 o/min. Napravljene su četiri različite formulacije isplake i svaka je reološki ispitana. Prvi uzorak nije sadržavao niti sulfid niti bilo koji čistač. To je služilo kao kontrola. Drugi uzorak sadržavao je samo natrijev sulfid kako bi se izmjerili učinci prisutnosti sulfida na reologiju isplake. Trećem uzorku dodan je samo željezni glukonat kako bi se utvrdilo da li će dodavanje imati neki negativan učinak na reologiju isplake. I na kraju četvrti uzorak je sadržavao i sulfid i glukonat.

Rotacija viskozimetra izvršena je sa svim postojećim brzinama. Svaki je uzorak miješan sa 600 o/min, a zagrijavan je na 49 °C (120 °F). Prije zapisivanja rezultata osigurano je stabilno očitavanje brojanika kod te brzine, a nakon toga ispitivanje je nastavljeno s brzinama 300, 200, 100, 6 i 3 o/min. Vrijednosti očitavanja pri različitim brzinama korištene su kako bi se izmjerila reološka svojstva uzoraka.

Za dobivanje plastične viskoznosti (PV) i vrijednosti granice tečenja isplake (YP) korištena su sljedeća jednostavna izračunavanja:

PV (cP) = očitavanje kod 600 o/min – 300 o/min

YP (lb/100ft²) = očitavanje kod 300 o/min – PV

Svaki uzorak je promiješan sa 600 o/min u vremenu od približno 15 sekundi i ostavljen u mirovanju 10 sekundi prije očitavanja čvrstoće gela kod 3 o/min.

Svaki uzorak je isto tako promiješan sa 600 o/min u vremenu od približno 15 sekundi i ostavljen u mirovanju 10 minuta. Nakon toga je očitana 10-minutna čvrstoća gela kod 3 o/min.¹³

Za ispitivanje filtracije fluida korištena je API filter preša, a HTHP filtracijska čelija fluida korištena je za određivanje HTHP filtracije fluida. Suhi graduirani cilindar s filter- papirom Whatman No. 50, umetnut je ispod drenažne cijevi za hvatanje filtrata.

Za određivanje API filtracije fluida, sigurnosni ventil je bio zatvoren, a regulator podešen na tlak od 6,89 bar (100 psi) u trajanju 30 sekundi. U slučaju ispitivanja HTHP filtracije fluida, temperature je podešena na 126,6 °C (260 °F) i tlak na 34,5 bar (500 psi). Na kraju oba 30-minutna testa izmjerena je količina filtrata. Filtracija fluida mjerena je u ml/30 min.¹³

4. Rezultati i diskusija

4.1 Ispitivanja odsumporavanja

Na slici 3. prikazani su rezultati usporedbe učinkovitosti odsumporavanja magnetitom i željeznim glukonom.

4.1.1 Odnos između učinkovitosti odsumporavanja i površine

Magnetit je netopljiva čvrsta materija dok je željezni glukonat topljiv. Topljivi željezni glukonat ima veću površinu od netopljivog magnetita pa se brzo otapa. Kao što se može vidjeti iz rezultata, to ukazuje da s veličinom

površine raste učinkovitost odsumporavanja. Jasno je to vidljivo ako se usporede učinkovitosti odsumporavanja magnetita i željeznog glukonata, prikazane na slici 3. Omjer sulfida i čistača bio je 1 : 1 (tj. 700 mg/l svakog čistača je korišten za čišćenje iste količine sulfida). Rezultati prikazani na slici 3. jednaki su očekivanima, kada se uspoređuje djelovanje topljivog čistača i netopljive materije. Topljivo željezo (željezni glukonat) je primjenljivo za brzu i potpunu reakciju, gotovo je sigurno da je to iznimno brza ionska reakcija. Iako čvrsta materija (magnetit) na početku reagira prilično brzo, brzina u nastavku reakcije brzo opada. Obično u slučaju magnetita, brzina reakcije pada i ispunjavanjem u njemu postojećih pora.² Na slici 1. je vidljivo da je difuzija u unutrašnjost čvrstog magnetita vrlo polagana i da se za potrebe prakse može zanemariti.

Jasno je da korištenje topljivog čistača rezultira većom brzinom reakcije. Npr. na slici 3., topljivi čistač (željezni glukonat) je postigao maksimalnu vrijednost čišćenja nakon prvih 20 minuta, dok je netopljivom magnetitu trebalo 60 minuta da bi dosegao maksimum. Ispitivanja na 25 °C pokazuju da isplaka sadrži samo 20 mg/l sulfida u slučaju primjene željeznog glukonata. Maksimalno uklanjanje - nula sulfida, postignuto je kod testa isplake nakon 40 minuta. Međutim u slučaju magnetita, testovi nakon 20 minuta pokazuju da je u isplaci ostalo još 690 mg/l. Magnetit je postigao maksimum, dok isplaka nakon 60 minuta još sadrži 690 mg/l. Takav odnos je očekivan u slučaju bilo kojeg topljivog i netopljivog čistača.⁷

4.1.2 Učinak temperature na brzinu polarizacije

Prema autorima Chenu i Huangu, više temperature pridonose većem učinku apsorpcije sulfida. Na slici 3. se ujedno vidi da učinak apsorpcije sulfida raste s porastom temperature. Reakcija u djelovanju čistača na promjenu temperature je vrlo brza. Ova brza reakcija na početku je do neke granice prednost netopljivog čistača. Međutim, zbog njegove ograničene površine brzina difuzije postupno pada i na taj se način smanjuje učinak apsorpcije.

Povećanjem temperature koeficijent difuzije i topljivosti željeznog glukonata (topljivi čistač) raste. U međuvremenu se ubrzava kemijska reakcija čistača. U slučaju željeznog glukonata reakcija odsumporavanja se dovršava u prvih 20 minuta, kada temperatura dosegne 55 °C (131 °F). U slučaju magnetita, u isplaci je preostalo 600 mg/l (maksimum uklanjanja) sulfida kod temperature od 25 °C (77 °F) i vremena od 60 minuta. Na temperaturi od 35 °C (95 °F), maksimum uklanjanja postignut je u vremenu od 80 minuta, kod čega je preostali sadržaj sulfida u isplaci iznosio 560 mg/l. Isti trend se nastavlja do 55 °C (131 °F) što dovodi do zaključka da porast temperature pomaže učinku apsorpcije za oba čistača.

4.1.3 Učinak miješanja na učinkovitost odsumporavanja

Miješanje otopine neposredno djeluje na debljinu difuzijskog sloja. U svakom od slučajeva, uzorak otopine je miješan oko 140 minuta, a razina sulfida preostalog u isplaci kontroliran je svakih 20 minuta. U slučaju željeznog glukonata učinkovitost apsorpcije sulfida bila

je relativno visoka. Kao što se može vidjeti na slici 3., željezni glukonat je već u prvih 20 minuta miješanja, kod svih uvjeta temperature, uklonio visoki sadržaj sulfida, a nepostojanje sulfida registrirano je nakon drugih 40 minuta miješanja kod svih temperatura. U slučaju magnetita (netopljivi čistač), učinkovitost apsorpcije sulfida nije tako visoka kao kod željeznog glukonata. Na slici 3. se može vidjeti da je nakon čak 60 minuta miješanja u isplaci preostao visoki sadržaj sulfida u slučaju kada je za čišćenje korišten magnetit. Maksimum čišćenja postignut je kod temperature od 55 °C (131 °F) i vremena od 100 minuta, pri čemu je zabilježeni sadržaj preostalog sulfida u isplaci bio 410 mg/l.

4.2 Reološka ispitivanja

Zbog činjenice da normalni način djelovanja uključuje čistač željezni glukonat, kao zaštitnu komponentu u isplaci (u slučaju da je možda prisutan H₂S), bilo je važno ispitati moguće djelovanje čistača na svojstva isplake u slučaju izostanka sulfida. Primjer djelovanja dan je u tablici 2, gdje se uspoređuju svojstva isplake, s i bez čistača, nakon vrtnje kod temperature 49 °C (120 °F). Jasno je vidljivo da čistač nije imao nikakvo loše djelovanje na svojstva fluida.

U sljedećem koraku ispitan je utjecaj sulfida uključenog u netretiranu isplaku i u isplaku tretiranu čistačem. Rezultati ispitivanja dani su u tablici 2. Kolona za 1. uzorak prikazuje reologiju isplake bez čistača i sulfida, kolona za 2. uzorak prikazuje djelovanje uključenog isključivo natrij sulfida, kolona za 3. uzorak

prikazuje djelovanje kada je uključen samo čistač, dok kolona za 4. uzorak prikazuje rezultate u slučaju da su uključene stehiometrijski ekvivalentne količine čistača. U slučaju uključivanja i sulfida i čistača isplaka odmah pocrni zbog uobičajene tvorbe željeznog sulfida kao što je uočeno u prijašnjim ispitivanjima.

Prema Suhascaryou i suradnicima²⁰, dobiveni rezultati za plastičnu viskoznost (PV), u slučaju da je dodan željezni glukonat, su u okviru API sugeriranih vrijednosti 0,008 Pa·s – 0,035 Pa·s (8 cP – 35 cP). Minimalna predložena API granična vrijednost tečenja isplake (YP) je 5 lb/100 ft² (Baker Hughes, 1999), a maksimum je $YP \leq 3 \times PV$.²⁰ Vidljivo je da dobivene vrijednosti za granicu tečenja isplake također padaju u okvir preporučenih vrijednosti. Čim su viši PV i YP tim je bolje djelovanje isplake, što je vidljivo iz rezultata za 3. i 4. uzorak.

Dobivene vrijednosti filtracije fluida, posebno u slučaju kada je dodan željezni glukonat, također padaju u okvir preporučenih vrijednosti (3 ml – 15 ml) i bile su čak mnogo niže od maksimuma, što je vidljivo u tablici za 3. i 4. uzorak.¹¹

Preporučena vrijednost za 10-minutnu čvrstoću gela je između 2 lb/100 ft² i 5 lb/100ft² (Max and Martin, 1996) tako da isplaka može suspendirati barit, dok maksimalna vrijednost 10 minutne čvrstoće gela iznosi 35 lb/100 ft².¹¹

Ispitivanje rezultata za uzorke 3 i 4 pokazuje da uključivanje čistača nije imalo nikakav štetni učinak na svojstva isplake. Rezultati čak pokazuju da je uključivanje čistača unaprijedilo svojstvo isplake da

Tablica 2. Učinci dodavanja čistača i sulfida na svojstva zasićene slane isplake

Uzorak	1		2		3		4		Preporučene vrijednosti svojstava
Na ₂ S	-		8 kg/m ³		-		8 kg/m ³		
Čistač	-				5.7 kg/m ³		5.7 kg/m ³		
	Fresh	Vruća vrtnja 16 sati 48,88 °C (120 °F)	Fresh	Vruća vrtnja 16 sati 48,88 °C (120 °F)	Fresh	Vruća vrtnja 16 sati 48,88 °C (120 °F)	Fresh	Vruća vrtnja 16 sati 48,88 °C (120 °F)	-
600/300 (o/min)	78/51	57/38	85/55	70/47	52/33	46/29	56/37	51/32	-
200/100 (o/min)	39/21	22/17	42/30	34/23	27/16	20/13	27/18	25/17	-
6/3 (o/min)	10/8	8/6	14/12	13/10	5/4	3/2	5/4	5/4	-
Plastični viskozitet Pa·s (cPs)	27	19	30	23	19	17	19	19	8 – 35*
granica tečenja isplake (lb/100ft ²)	24	19	25	24	14	12	18	13	Min = 5**Maks = $YP \leq 3 \times PV$ *
10 sek gel (lb/100ft ²)	13	2	16	6	5	2	5	5	2 – 5***
10 min gel (lb/100ft ²)	25	4	29	19	9	4	9	10	2 – 35****
API filtracija fluida (ml)	-	4,2	-	5,6	-	3,2	-	4,4	3 – 15****
HHP filtracija fluida (ml)	-	10,4	-	14,0	-	9,6	-	10,8	3 – 15****
pH	11,85	10,5	12,4	10,4	11,1	9,9	12,3	11,3	9,5 – 11,5*****

Izvor: *Suhascaryou et al (2005); **Baker Hughes (1999); ***Max and Martin (1996); ****KMC Oiltools (2006); *****M-I LLC (2001).

Legenda:

Uzorak 1. Netretirani fluid

Uzorak 2. Učinci u slučaju dodanog sulfida

Uzorak 3. Učinci uključivanja samo čistača

Uzorak 4. Učinci čistača i sulfida

izdrži vrtnju kod temperature od 49 °C (120 °F), a da se pritom ne destabilizira ili poremeti.

5. Zaključci i preporuke

5.1 Zaključci

1. Željezni glukonat se može koristiti u širokim granicama pH vrijednosti isplake. Učinkovit je kao odsumporivač. Ispitivana isplaka je pokazala "nula sulfida" nakon ispitivanja odsumporavanja. Ovo pokazuje da željezni glukonat štiti osoblje od toksičnog H₂S.
2. Željezni glukonat čak i u većim koncentracijama ne djeluje štetno na svojstva isplake. U isplakama može služiti kao reološki modifikator. Veće koncentracije magnetita mogu uzrokovati neželjeno povećanje težine isplake.
3. Željezni glukonat je u prednosti u odnosu na sintetski magnetit, jer je lako dostupan i jeftiniji.

5.2 Preporuke

1. Ove informacije treba primijeniti na stvarna ispitivanja čistača sulfida na mjestu postavljanja opreme za bušenje.
2. Treba napraviti više istraživanja na postojećim proizvodima kako bi se utvrdile njihove stvarne mogućnosti čišćenja pri stvarnim uvjetima na kanalu bušotine.
3. Potrebno je razmotriti mogućnost optimizacije procesa čišćenja željeznim glukonom.

Zahvala

Autori se zahvaljuju menadžmentu MI SWACO, Port-Harcourt, Nigeria za dozvolu pristupa njihovom laboratoriju i na podršci ove studije. Isto tako se zahvaljujemo menadžmentu Chemical Engineering Department, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria na njihovim korisnim i pronicljivim primjedbama i prijedlozima.



Autori:

M. K. Amosa, Department of Chemical Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.

Tel.: +2348052041750, +2348033981797

E-mail Address: dhakisalafi@live.com

I. A. Mohammed, Department of Chemical Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.

S. A. Yaro, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.

A. O. Arinkoola, Department of Chemical Engineering, Ladoko Akintola University of Technology, Ogbomosho, Nigeria.

G. O. Azeez, Chemistry Unit, Science Laboratory Technology Department, The Polytechnic, Ibadan, Nigeria.