

## Primena kiselinskih obrada u cilju poboljšanja karakteristika kolektor stena

NATALIJA O. BURGIC, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
DUŠAN Š. DANILOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
BRANKO A. LEKOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stručni rad  
UDC: 622.323  
DOI: 10.5937/tehnika2203305B

*U toku eksploatacionog veka jednog ležišta različiti uticaji uzrokuju nastanak oštećenja stena koje se nalaze u pribušotinskoj zoni. Oštećene stene se odlikuju začepljenjem pornog prostora koje se manifestuje smanjenom propusnošću, pa se kao posledica toga javlja pad proizvodnje fluida. U cilju rešavanja ovog problema postoje različite stimulatívne metode koje se sa uspehom primenjuju širom sveta. U Srbiji postoji praksa, da se prilikom rešavanja problema oštećenja stena najčešće koriste tretmani kiselinskih obrada. Ove metode se zasnivaju na primeni kiselinskih rastvora različitog sastava, u zavisnosti od mineraloškog sastava kolektor stena. U ovom radu je opisan postupak rešavanja smanjene proizvodnje bušotina X-1 i X-2, čiji su otvoreni intervali predstavljeni stenama sa različitim sadržajem karbonata, pa je i pristup rešavanju problema različit.*

**Ključne reči:** stimulacije, kiselinske obrade matriksa, obrada karbonata, obrada peščara

### 1. UVOD

Pri eksploataciji naftnih ležišta težnja je usmerena ka tome da se primenom različitih operacija proizvedena količina nafte poveća, a zavodnjenje bušotina smanji na najmanji mogući nivo. Nakon što bušotina prestane sa eruptivnim radom, praksa je da se prelazi na mehaničke metode eksploatacije.

U cilju optimizacije procesa, prelazak na mehaničku metodu eksploatacije se odlaže primenom različitih stimulatívnih metoda. Stimulatívne metode omogućuju povećanje produktivnosti naftnih i gasnih bušotina, tako što utiču na uklanjanje oštećenja koje se tokom eksploatacionog veka formira u pribušotinskoj zoni.

U ovom radu akcenat je stavljen na stimulatívne metode koje se zasnivaju na primeni različitih kiselinskih rastvora.

Postoje tri osnovne metode tretmana kiselinskim rastvorima [5]:

- Ispiranje kiselinskim rastvorom;

---

Adresa autora: Natalija Burgić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Đušina 7  
e-mail: natalija.burgic@gmail.com  
Rad primljen: 09.05.2022.  
Rad prihvaćen: 25.05.2022.

- Kiselinska obrada sloja;
- Hidrauličko frakturiranje kiselinom.

Pranje kiselinom ima za cilj jednostavno čišćenje perforacija i pribušotinske zone, što ne uključuje obradu sloja. Ova operacija se najčešće izvodi kako bi se uklonio kamenac i prisutne nečistoće koje ograničavaju dotok fluida u kanal bušotine [5].

Prilikom izvođenja operacije kiselinske obrade sloja, kiselinski rastvor se utiskuje na pritisku koji je jednak ležišnom pritisku, ili je njegova vrednost manja od pritiska frakturiranja formacije. Kod hidrauličkog frakturiranja sa kiselinom, na stenu se deluje pritiskom većim od pritiska frakturiranja formacije [5]. Frakturiranje kiselinom je alternativa hidrauličkom frakturiranju i podupiranju propantom u karbonatnim ležištima. U frakturiranju kiselinom, ležište je hidraulički frakturirano, a nakon toga se u steni dejstvom kiseline stvaraju frakture koje predstavljaju protočne kanale kroz koje će se odvijati dotok slojnog fluida u kanal bušotine [1].

Neki od razloga za primenu hidrauličkog frakturiranja [3]:

- Da zaobide oštećenja u pribušotinskoj zoni i uspostavi prirodnu produktivnost bušotine;
- Da poveća dubinu prodora pukotina i na taj način uspostavi proizvodnju iznad optimalnog nivoa;
- Da izmeni protok fluida unutar formacije.

Budući da je tretman hidrauličkog frakturiranja sa ekonomskog aspekta i tehnološke izvedbe manje pogodan u odnosu na kiselinske obrade matiksa kolektor stena, ova metoda se na naftnim poljima u Srbiji gotovo i ne primenjuje. Iz tog razloga, u ovom radu je stavljen akcenat na stimulaciju pribušotinske zone primenom kiselinskih obrada.

Kiselinska obrada matriksa kolektor stene se zasniva na utiskivanju odabranog kiselinskog rastvora kroz operacioni tubing ili savitljivi tubing na pritisku koji je niži od pritiska frakturiranja formacije. Utisnuti kiselinski rastvor rastvara i uklanja oštećenja u pribušotinskoj zoni, formira nove kanaliće i na taj način povećava propusnost kolektor stena poboljšavajući proizvodnju same bušotine.

## 2. KARAKTERISTIKE KISELINSKIH OBRADA

Kiselinske obrade predstavljaju jednu od najstarijih stimulativnih metoda koje se zasnivaju na uklanjanju oštećenja prisutnih u pribušotinskoj zoni. Kiselinski rastvori, koji su prethodno dizajnirani na osnovu mineralnog sastava kolektor stena, utiskuju se u kanal bušotine na pritisku koji je niži od pritiska frakturiranja ležišta.

Utisnuta kiselina ulazi u porni prostor kolektora, reaguje sa mineralima koji čine samu stenu, ili prisutnim oštećenjima, formirajući pore i kanaliće. Na taj način se povećava propusnost stena u pribušotinskoj zoni, a samim tim povećava dotok i proizvedena količina fluida. Načini izvođenja hemijskih obrada na terenu mogu biti različiti. U Srbiji je praksa da se utiskivanje kiselinskih rastvora najčešće radi na dva načina:

- hemijska obrada matriksa utiskivanjem kiselinskog rastvora kroz tubing;
- hemijska obrada matriksa utiskivanjem kiselinskog rastvora kroz savitljivi tubing.

Postupak utiskivanja kiselinskog rastvora kroz tubing izvodi se pri otvorenom ventilu na tubing u otvorenom ventilu na međuprostoru. Kada se kiselinskim rastvorom ispuni zapremina tubinga, zatvara se ventil na međuprostoru i primenom odgovarajućeg pritiska vrši se potis kiseline u sloj. Izvođenje hemijske obrade se na ovaj način može vršiti preko kompozicije tubinga ili uz primenu odgovarajućih pakera.

Kod izvođenja kiselinskih obrada kroz savitljivi tubing, rastvor se utiskuje u kanal bušotine preko cevi savitljivog tubinga, a potis u sloj se može izvesti preko međuprostora između savitljivog tubinga i operacionog tubinga, ili direktno preko cevi savitljivog tubinga.

Za uspešnost kiselinske obrade jedan od najvažnijih preduslova je da kiselinski rastvor bude adekvatno dizajniran u zavisnosti od mineraloškog sastava kolektor stene. Gruba podela svih stena, na osnovu

mineraloškog sastava jeste na karbonatne i peščarne kolektore.

Kod hemijske obrade karbonatnih kolektora, kiselina reaguje sa mineralima same stene formirajući duge protočne kanale, povećavajući propusnost formacije. Nasuprot tome, tretman kiselinske obrade peščara uklanja samo oštećenja unutar formacije i zapravo ne utiče na stimulaciju kolektora. Karbonati, koji imaju tendenciju da budu manje homogeni od peščara, često sadrže prirodne frakture. Kiselina može da dodatno otvori prirodne frakture reagujući mnogo brže sa mineralima koji ispunjavaju unutrašnjost frakture, što dovodi do neočekivano visoke stope proizvodnje nakon završenog tretmana kiselinskom obradom [6].

U praksi se kod obrade stena najčešće koristi 15% hlorovodonična kiselina [1].

Kiselinskom obradom se rastvaraju glinovite komponente koje prirodno postoje u peščarima ili su unete u pribušotinsku zonu fluidima koji se koriste tokom bušenja, opremanja i održavanja. Peščari se sastoje od zrnastih silikatnih minerala (kvarca, feldspata, silificiranih škrljaca, liskuna itd.) koji grade skelet stene. Zrna su povezana cementnim vezivom, obično karbonatnim i glinovitim materijalima, kao i silicijumom [1]. U Srbiji je praksa da se pri hemijskoj obradi matriksa peščara koristi kombinacija hlorovodonične i fluorovodonične kiseline.

Fluorovodonična kiselina se u velikoj meri primenjuje u tretmanima stimulacija od 1935. godine. Prvobitno je mešavina fluorovodonične i hlorovodonične kiseline korišćena u cilju uklanjanja isplačnog kolača, ali se danas uspešno primenjuje za rešavanje mnogih drugih problema. Kombinacija fluorovodonične i hlorovodonične kiseline se uspešno primenjuje u kolektorima peščara u kojima je reaktivnost hlorovodonične kiseline mala zbog nedovoljne količine prisutnih karbonata [4]. Uspešnost stimulativne metode zavisi od kvaliteta odabranog kiselinskog rastvora. Pored kiseline, u rastvore se dodaju aditivi u zavisnosti od uslova koji vladaju u bušotini.

Aditivi koji su najčešće prisutni u sastavu kiselinskog rastvora [1]:

1. površinski aktivne materije;
2. suspendirajući agensi;
3. sredstva za sprečavanje nastanka taloga;
4. sredstva za kontrolu gvožđa;
5. sredstva za stvaranje pene;
6. stabilizatori gline;
7. sredstva za učvršćenje finih čestica;
8. rastvarači dvojnje rastvorljivosti;
9. inhibitori korozije;
10. alkoholi;

11. smanjivači trenja;
12. sredstva za kontrolu filtracije;
13. skretači toka kiseline;
14. aditivi za usporavanje hemijske reakcije između kiseline i stene.

Dizajnirani kiselinski rastvor se najčešće sastoji iz tri različita rastvora koji se utiskuju u bušotinu sledećim redosledom:

1. rastvor prethodnice (A rastvor);
2. glavni kiselinski rastvor (B rastvor);
3. završni rastvor (C rastvor).

Rastvor prethodnice se prvi utiskuje u bušotinu prilikom izvođenja hemijske obrade. Njegova osnovna uloga ogleda se u pripremi bušotine i pribušotinske zone za izvođenje tretmana hemijske obrade. Prethodnica se utiskuje radi uklanjanja organskih i neorganskih taloga, iz cevne opreme koja se nalazi u bušotini, pre utiskivanja kiseline. Ona takođe može služiti za potiskivanje nafte iz pribušotinske zone sa ciljem sprečavanja stvaranja emulzija i taloga [1]. Prethodnica najčešće pored vode sadrži regulatore gvožđa, rastvarač taloga i aditive koji utiču na stabilizaciju glina.

Ukoliko je reč o karbonatima, rastvor prethodnice čini voda sa dodatim aditivima. Kod hemijske obrade pešćara kao prethodnica se najčešće koristi rastvor 15% hlorovodonične kiseline. Uloga hlorovodonične kiseline u rastvoru prethodnice kod pešćarnih kolektora jeste da rastvori prisutne karbonate u pribušotinskoj zoni i na taj način pripremi kolektor za obradu kombinacijom hlorovodonične i fluorovodonične kiseline.

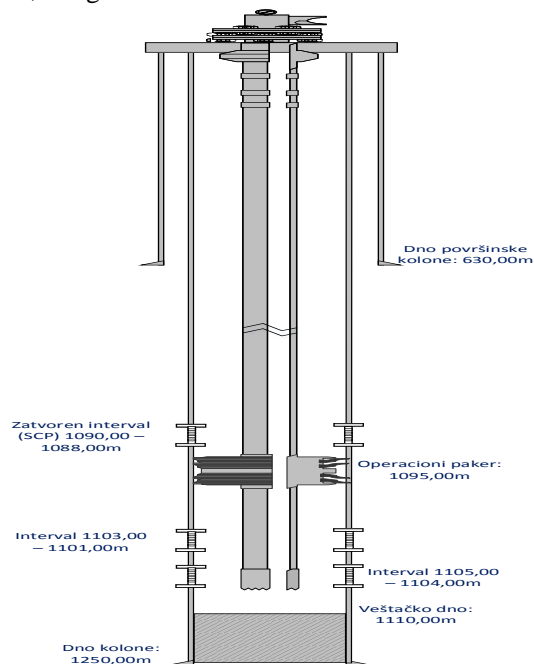
Glavni kiselinski rastvor se utiskuje u bušotinu nakon rastvora prethodnice. Prilikom obrade karbonata glavni kiselinski rastvor se sastoji isključivo od hlorovodonične kiseline sa dodatim aditivima. Najčešće se koristi rastvor 15% hlorovodonične kiseline. Za razliku od njih, kod pešćara se kao glavni kiselinski rastvor koristi mešavina hlorovodonične i fluorovodonične kiseline. Uobičajeno je da se koristi rastvor 13,5% hlorovodonične kiseline i 1,5% fluorovodonične kiseline.

Odabir količine glavnog kiselinskog rastvora zavisi od uslova koji vladaju u bušotini. Završni rastvor se u toku izvođenja hemijske obrade utiskuje nakon glavnog kiselinskog rastvora. Njegova osnovna uloga je da izvrši potis kiseline u porni prostor pribušotinske zone i ponovo uspostavi uslove koji su vladali u bušotini pre izvođenja hemijske obrade. Završni rastvor pored vode, u sebi najčešće sadrži aditive koji će uticati na stabilizaciju jona gvožđa, aditive koji će sprečiti nastanak taloga i stabilizatore minerala glina.

### 3. PRIMENA KISELINSKE OBRADA U CILJU POVEĆANJA PROIZVODNJE BUŠOTINE X-1 U LEŽIŠTU KARBONATA

Bušotina „X-1“ predstavlja razradnu bušotinu. U fazi je eksploatacije i trenutno proizvodi preko otvorenog intervala 1.105,00 – 1.104,00 m. U cilju povećanja proizvodnje bušotine doneta je odluka da se perforira plići interval na dubini 1.103,00 – 1.101,00 m. Osnovni podaci neophodni za proračun:

- Dno bušotine ..... 1.110,00 m
- Otvoreni interval: ..... 1.105,00 – 1.104,00 m
- Otvoreni interval: ..... 1.103,00 – 1.101,00 m
- Slojni pritisak (1.105,00–1.104,00 m) 105 bar
- Ležišna temperatura (1.105,00 – 1.104,00 m) 80°C
- Slojni pritisak (1.103,00–1.101,00 m) 104 bar
- Ležišna temperatura (1.103,00 – 1.101,00 m) 79,8°C
- Bušotina je ispunjena tehničkom vodom gustine 1,00 kg/dm<sup>3</sup>



Slika 1 – Skica bušotine X-1

Podaci o sadržaju karbonata u domenu proizvodnih intervala govore da su kolektor stene karbonatnog sastava gde procentualni sadržaj karbonata na intervalima 1.105,00 – 1.104,00 m; 1.103,00 – 1.101,00 m iznosi 45,86%. Budući da je sadržaj karbonata veći od 20%, pristupa se dizajniranju hemijskog rastvora za obradu karbonata.

#### 3.1. Dizajniranje kiselinskog rastvora

Budući da se radi o kolektor steni u čijem sastavu dominiraju karbonati, hemijsku obradu intervala treba uraditi sa rastvorom hlorovodonične kiseline koncentracije 15%. Kiselinski rastvor treba dizajnirati tako da

je kiselina prisutna isključivo u glavnom rastvoru, dok su prethodnica i završni rastvor mešavina vode i odgovarajućih aditiva.

Aditivi koji ulaze u sastav ovog kiselinskog rastvora su sledeći:

1. inhibitor korozije;
2. regulator gvožđa;
3. rastvarač taloga;
4. stabilizator glina.

Za izvođenje hemijske obrade potrebno je koristiti 1 m<sup>3</sup> kiselinskog rastvora po dužnom metru intervala, a kako je ukupna dužina otvorenih intervala 3 m, tako će zapremina glavnog kiselinskog rastvora biti 3000 dm<sup>3</sup>. Prethodnicu i završnicu treba dizajnirati tako da njihove zapremine iznose po 1.000 dm<sup>3</sup>. Na osnovu toga, sastav dizajniranog rastvora dat je u sledećoj tabeli:

KOMPONENTE RASTVORA	TIP RASTVORA			Jedinica
	Prethodnica	Glavni kiselinski rastvor	Završnica	
1. Voda	x	x	x	dm <sup>3</sup>
2. Inhibitor korozije	-	x	-	dm <sup>3</sup>
3. HCl	-	x	-	dm <sup>3</sup>
4. Regulator gvožđa	x	x	x	dm <sup>3</sup>
5. Rastvarač taloga	x	x	x	dm <sup>3</sup>
6. Stabilizator glina	x	x	x	dm <sup>3</sup>
UKUPNO	1000	3000	1000	dm <sup>3</sup>

Slika 2 – Sastav dizajniranog kiselinskog rastvora

### 3.2. Proračun utiskivanja kiselinskog rastvora

Oprema koja će se koristiti prilikom izvođenja operacije hemijske obrade je sledeća:

- Nazubljena spojnica;
- kompozicija tubinga 2<sup>7</sup>/<sub>8</sub>" do površine.

Zapreminu tubinga je potrebno izračunati primenom sledeće formule:

$$V_{tbg} = V_{utbg} * h_2 \quad (1)$$

$$V_{tbg} = 3,02 * 1105$$

$$V_{tbg} = 3337 \text{ dm}^3$$

- Gde unutrašnji volumen tubinga 2<sup>7</sup>/<sub>8</sub>" iznosi 3,02 dm<sup>3</sup>/m [2].

Zapremina prostora između kolone i tubinga u nivou intervala se izračunava po formuli:

$$V_{mp} = (h_2 - h_1) * (V_{ucsg} - V_V) \quad (2)$$

$$V_{mp} = (1105 - 1101) * (12,13 - 4,19)$$

$$V_{mp} = 31,76 \text{ dm}^3$$

- Gde unutrašnji volumen kolone 139,7mm x 25,51 kg/m J-55 iznosi 12,13 dm<sup>3</sup>/m [2].
- Gde volumen koji istisne tubing 2<sup>7</sup>/<sub>8</sub>" iznosi 4,19 dm<sup>3</sup>/m [2].

Ukupna zapremina koju je potrebno utisnuti da bi kiselinski rastvor stigao do zone otvorenog intervala izračunava se po sledećoj formuli:

$$V_u = V_{tbg} + V_{mp} \quad (3)$$

$$V_u = 3337 + 31,76$$

$$V_u = 3368,76 \text{ dm}^3 \approx 3370 \text{ dm}^3$$

Operacija hemijske obrade se izvodi na sledeći način:

Pri otvorenom ventilu na međuprostoru utisnuti 1000 dm<sup>3</sup> rastvora „A“, 2370 dm<sup>3</sup> kiselinskog rastvora „B“. Na taj način je kiselinski rastvor prekrivio zone otvorenih intervala. Zatvoriti ventil na međuprostoru. Utisnuti ostatak od 630 dm<sup>3</sup> rastvora „B“ i 1000 dm<sup>3</sup> rastvora „C“. Potis kiselinskog rastvora u sloj treba izvršiti sa 3370 dm<sup>3</sup> tehničke vode ne prelazeći maksimalni pritisak od 60 bar.

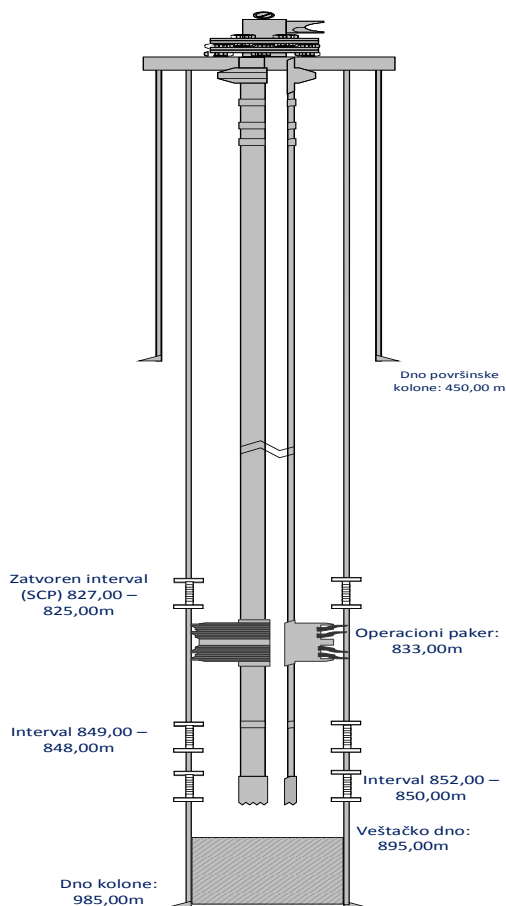
Nakon izvršene hemijske obrade otvorenih intervala 1105,00 – 1104,00 m i 1103,00 – 1101,00 m bušotina „X-1“ je ponovo puštena u proizvodnju. Rezultati izvršene operacije su pozitivni sa postignutom željenom proizvodnjom.

### 4. PRIMENA KISELINSKE OBRADE U CILJU POVEĆANJA PROIZVODNJE BUŠOTINE X-2 U LEŽIŠTU PEŠČARA

Bušotina „X-2“ predstavlja razradnu bušotinu. U fazi je eksploatacije i trenutno proizvodi preko otvorenog intervala 852,00 – 850,00 m. U cilju povećanja proizvodnje bušotine doneta je odluka da se izvrši otvaranje plićeg intervala na dubini 849,00 – 848,00 m. Osnovni podaci neophodni za proračun:

- Dno bušotine ..... 895,00 m
- Otvoreni interval: ..... 852,00 – 850,00 m
- Otvoreni interval: ..... 849,00 – 848,00 m
- Slojni pritisak (852,00 – 850,00 m)... 78 bar
- Ležišna temperatura (852,00 – 850,00 m) 63 °C
- Slojni pritisak (849,00 – 848,00 m) 77,8 bar
- Ležišna temperatura (849,00 – 848,00 m) 62,9 °C
- Bušotina je ispunjena tehničkom vodom gustine 1,00 kg/dm<sup>3</sup>

Podaci o sadržaju karbonata u domenu proizvodnih intervala govore da su kolektor stene pešćarnog sastava gde procentualni sadržaj karbonata na intervalu 852,00 – 850,00 m; 849,00 – 848,00 m iznosi 13,15%. S obzirom da je sadržaj karbonata manji od 20%, pristupa se dizajniranju hemijskog rastvora za obradu pešćarnih kolektora.



Slika 3 – Skica bušotine X-2

#### 4.1. Dizajniranje kiselinskog rastvora

Budući da se radi o kolektor steni u čijem sastavu dominiraju peščari, hemijsku obradu intervala treba uraditi sa kombinacijom hlorovodonične i fluorovodonične kiseline. Kiselinski rastvor treba dizajnirati tako da se rastvor prethodnice sastoji isključivo od hlorovodonične, dok se u glavnom kiselinskom rastvoru nalazi kombinacija hlorovodonične i fluorovodonične kiseline.

Aditivi koji ulaze u sastav ovog kiselinskog rastvora su sledeći:

1. inhibitor korozije;
2. regulator gvožđa;
3. rastvarač taloga;
4. stabilizator glina.

Za izvođenje hemijske obrade ovog intervala potrebno je koristiti 2 m<sup>3</sup> kiselinskog rastvora po dužnom metru intervala, a kako je ukupna dužina otvorenih intervala 3 m, ukupna količina rastvora kiseline mora biti 6.000 dm<sup>3</sup>. Rastvor prethodnice treba da sadrži 15% hlorovodoničnu kiselinu zapremine 3000 dm<sup>3</sup>, dok će glavni kiselinski rastvor biti sačinjen od 13,5% hlorovodonične kiseline i 1,5% fluorovodonične. Na osnovu toga, sastav dizajniranog rastvora dat je u sledećoj tabeli:

Tabela 1. Sastav dizajniranog kiselinskog rastvora

KOMPONENTE RASTVORA	TIP RASTVORA			Jedinica
	PRETHODNICA	GLAVNI KISELINSKI RASTVOR	ZAVRŠNICA	
1. Voda	X	X	X	dm <sup>3</sup>
2. Inhibitor korozije	X	X	-	dm <sup>3</sup>
3. HCl	X	X	-	dm <sup>3</sup>
4. Regulator gvožđa	X	X	X	dm <sup>3</sup>
5. Fluorovodonična kiselina	-	X	-	dm <sup>3</sup>
5. Rastvarač taloga	X	X	X	dm <sup>3</sup>
6. Stabilizator gline	X	X	X	dm <sup>3</sup>
UKUPNO	3000	3000	1000	dm <sup>3</sup>

#### 4.2. Proračun utiskivanja kiselinskog rastvora

Oprema koja će se koristiti prilikom izvođenja operacije hemijske obrade je sledeća:

- nazubljena spojnica;
- kompozicija tubinga 2 7/8" do površine.

Zapreminu tubinga je potrebno izračunati primenom sledeće formule:

$$V_{tbg} = V_{utbg} * h_2 \quad (4)$$

$$V_{tbg} = 3,02 * 852,00$$

$$V_{tbg} = 2575,00 \text{ dm}^3$$

- Gde unutrašnji volumen tubinga 2 7/8" iznosi 3,02 dm<sup>3</sup>/m [2].

Zapremina prostora između kolone i tubinga u nivou intervala se izračunava po formuli:

$$V_{mp} = (h_2 - h_1) * (V_{ucsg} - V_V) \quad (5)$$

$$V_{mp} = (852,00 - 848,00) * (12,13 - 4,19)$$

$$V_{mp} = 31,76 \text{ dm}^3$$

- Gde unutrašnji volumen kolone 139,7mm x 25,51 kg/m J-55 iznosi 12,13 dm<sup>3</sup>/m [2].
- Gde volumen koji istisne tubing 2 7/8" iznosi 4,19 dm<sup>3</sup>/m [2].

Ukupna zapremina koju je potrebno utisnuti da bi kiselinski rastvor stigao do zone otvorenog intervala izračunava se po sledećoj formuli:

$$V_u = V_{tbg} + V_{mp} \quad (6)$$

$$V_u = 2575,00 + 31,76$$

$$V_u = 2606,76 \text{ dm}^3 \approx 2610 \text{ dm}^3$$

Operacija hemijske obrade se izvodi na sledeći način:

Pri otvorenom ventilu na međuprostoru potrebno je utisnuti 2.610 dm<sup>3</sup> kiselinskog rastvora „A“. Na taj

način je kiselinski rastvor prekrpio zone otvorenih intervala.

Zatvoriti ventil na međuprostoru. Utisnuti ostatak od 390 dm<sup>3</sup> rastvora „A“, 3000 dm<sup>3</sup> kiselinskog rastvora „B“ i 1000 dm<sup>3</sup> rastvora „C“. Potis kiselinskog rastvora u sloj treba izvršiti sa 2610 dm<sup>3</sup> tehničke vode ne prelazeći maksimalni pritisak od 60 bar. Nakon izvršene hemijske obrade otvorenih intervala 852,00 – 850,00 m i 849,00 – 848,00 m bušotina „X-2“ je ponovo puštena u proizvodnju. Rezultati izvršene operacije su pozitivni sa postignutom željenom proizvodnjom.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu su opisane stimulatívne metode koje se sa velikim uspehom primenjuju na naftnim i gasnim poljima. Kroz primere bušotina u kojima dominiraju kolektori različitog mineralnog sastava, prikazana su dva najčešća načina izvođenja hemijske obrade. U bušotini X-1, u kojoj dominiraju karbonati, predstavljen je primer hemijske obrade primenom 15% hlorovodonične kiseline.

U bušotini X-2, gde su kolektor stene peščari, prikazan je postupak izvođenja hemijske obrade primenom hlorovodonične i fluorovodonične kiseline. U oba prikazana primera uticaj kiselinskih rastvora je isti i ogleda se u povećanju propusnosti stena u pribušotinskoj zoni, a samim tim i uticaju na poboljšanje dotoka fluida u kanal bušotine.

## 6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat projekta koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekat br. 33001). Zahvaljujemo se Ministarstvu na podršci.

## LITERATURA

- [1] Gaurina-Međimurec, N. *Kemijske obrade ležišnih stijena*, Zavod za naftno inženjerstvo, Zagreb, 2004.
- [2] Gabolde, G., Nguyen, J.P. *Drilling Data Handbook 9th Edition*, Editions TECHNIP, Pariz, 2014.
- [3] Economides M.J., Nolte K.G., *Reservoir Stimulation. 3rd ed.*, Wiley, Chicester, 2000.
- [4] Smith, C. F, Hendrickson, A. R, *Hydrofluoric Acid Stimulation of Sandstone Reservoirs*, Society of Petroleum Engineers (SPE), DOI: <https://doi.org/10.2118/980-PA>, 1965
- [5] Kalfayan L, *Production enhancement with Acid Stimulation 2nd ed*, PennWell Corporation, Tulsa, Oklahoma USA, 2008
- [6] Amro M. M, *Extended Matrix Acidizing Using Polymer-Acid Solutions*, Society of Petroleum Engineers(SPE), DOI: <https://doi.org/10.2118/106360-MS>

## SUMMARY

### APPLICATION OF ACID TREATMENTS IN ORDER TO IMPROVE THE CHARACTERISTICS OF THE ROCK COLLECTOR

*During the exploitation life of one tray, different influences cause damage to the rocks located in the borehole. Damaged rocks are characterized by the clogging of the hard space, which is manifested by reduced bandwidth, resulting in a decline in fluid production. In order to solve this problem, there are different stimulating methods that are successfully applied around the world. In Serbia, there is a practice that acid treatments are most commonly used when solving the problem of rock damage. These methods are based on the application of acid solutions of different composition, depending on the mineral composition of the rock collector. This paper describes the process of resolving the reduction of production of X-1 and X-2 wells, whose production intervals are represented by rocks with different carbonate content, and the problem-solving approach is different.*

**Key Words:** *stimulation, matrix acidizing, limestones acidizing, sandstones acidizing*