



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

UNIVERSITY OF BANJA LUKA

РУДАРСКИ ФАКУЛТЕТ

**АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ
КОНТРОЛЕ ПОЈАВЕ ПЕСКА У
БУШОТИНАМА**

МАСТЕР РАД

Ментор:

доц. др Мирослав Црногорац

Кандидат:

Владан Трајковић

Приједор, Октобар 2024. године



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ

UNIVERSITY OF BANJA LUKA

FACULTY OF MINING

**ALTERNATIVE TECHNOLOGIES TO
CONTROL THE APPEARANCE OF SAND IN
THE WELL**

MASTER WORK

Mentor:

доц. др Мирослав Црногорац

Candidate:

Владан Трајковић

Prijedor, October 2024. year

Информације о ментору и мастер раду

Ментор: проф.др Мирослав Црногорац, дипломирани инжењер рударства, Рударско – геолошки факултет, Универзитет у Београду

Наслов мастер рада: Алтернативне технологије контроле појаве песка у бушотини

Резиме рада; У овом раду се приказују методе смањења – елиминисања појаве слојног песка у току експлоатације бушотина. Појава слојног песка се догађа у бушотинама које имају мали лежишни притисак, што се корелише са слабом консолидацијом формације. Проблематика са појавом слојног песка у бушотинама које се експлоатишу у Србији је веома распрострањена. Објашњена је механичка метода елиминисања слојног песка, која је до сада била једина метода која се користи. Поред тренутних решења описана је хемијска метода, узимајући све мане и предности тренутних и нових метода. Целокупна тема је анализирана на практичном примеру једне бушотине на којој је примењена нова метода елиминације слојног песка. Полискреп као нова метода је приказана од лабораторијских испитивања до практичне имплементације, као и резултати који су добијени на практичном примеру.

Кључне ријечи: Експлоатација нафте, Геологија, Гравел пак, Полискреп

Научна област: Рударство, експлоатација нафте

Научно поље: Обрађивање нових метода у превенцији појаве песка током експлоатације у нафтним и гасним бушотинама

Класификациона ознака: 0020-001

Тип одабране лиценце креативне заједнице: Ауторство-некомерцијално-без прерада (CC BY-NC-ND)

Informations about mentor and master's thesis

Mentor: prof. Miroslav Crnogorac, PhD, Mining engineer, Faculty of Mining Geology, University of Belgrade

Title: Alternative technologies to control the appearance of sand in the well

Abstract: This paper presents methods of reducing – eliminating the occurrence of layer sand during well exploitation. The appearance of layer sand occurs in wells that have a low reservoir pressure, which correlates with poor consolidation of the formation. The problem with the occurrence of layer sand in wells that are exploited in Serbia is very widespread. A mechanical method of eliminating layer sand, which has been the only method used so far, is explained. In addition to the current solutions, the chemical method is described, taking all the disadvantages and advantages of current and new methods. The whole topic is analyzed on the practical example of a borehole on which a new method of elimination of layer sand has been applied. Polycracke as a new method is presented from laboratory tests to practical implementation, as well as the results obtained on a practical example

Key words: Petroleum exploitation, Geology, Gravel Pack, Poliscrep

Scientific area: Mining, Petroleum exploitation

Scientific field: Elaboration of new methods in the prevention of the occurrence of sand during exploitation in oil and gas wells

Classification mark: 0020-001

The type of Creative Creativity Licens: Authorship-non-commercial-without processing (CC BY-NC-ND)

САДРЖАЈ

УВОД.....	2
1. КОНТРОЛА ПЕШЧАНЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ „GRAVEL PACK-ом“	3
1.1.Одређивање састава ГП опреме	6
1.2.Извођење засипа производне ГП опреме гравелом	9
1.3.Проблематика.....	11
2. ЦИЉЕВИ УВОЂЕЊА АЛТЕРНАТИВНИХ МЕТОДА.....	12
2.1. Избор алтернативне технологије	12
3. МЕТОДА ИСТРАЖИВАЊА И ТЕСТИРАЊА ХЕМИЈСКИХ РЕАГЕНСА	21
3.1. Проналажење хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја	21
3.2. Разрада методологије експеримента.....	21
3.3. Избор језгрованог материјала за формирање пресованих модела стена	25
3.3.1. Припрема за експерименте - Израда узорака.....	27
3.3.2. Тестирање механичких својстава филтрационих средина	28
3.3.3. Филтрациона испитивања.....	30
3.4. Анализа резултата експеримената	34
3.5. Моделовање филтрационих процеса у прибушотинској зони слојева.....	38
4. ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ.....	42
5. ИЗВЕШТАЈ ИЗВРШЕНОГ ПОЛИСКРЕПА СА ПРОБЛЕМАТИКАМА НА БУШОТИНИ Х-200	44
5.1. Историјат	44
5.2. Задатак ремонтних радова	48
5.2.1. Проблематика у току извођења ремонта	49
5.2.2. Полискреп	53
5.3. Резултати полискрепа	54
Закључак	55
ЛИТЕРАТУРА	56

УВОД

Континуирано укључивање у разраду објеката производње нафте и гаса, чија је експлоатација отежана због различитих технолошких фактора, поставља задатак изналажења приступа смањењу оперативних трошкова производње. За разлику од наслага асфалтена, смола и парафина, као и каменца, корозије и високо вискозних емулзија, против којих се борба води доста успешно тако што се у произведени флуид додају мање концентрације хемикалија - инхибитора, одабраних на основу резултата сета стандардних лабораторијских испитивања, приступи проблему изношења песка из слабо консолидованих колектора су веома разноврсни и опширно се проучавају. Тренутно ова проблематика се на експлоатационим пољима у Србији решава механичком методом уградњом “GRAVEL PACK-ом”

Теренска испитивања метода контроле изношења песка изложена су великим трошковима услед потребе заустављања бушотина ради вршења ремонтних радова, као у дужина трајања самих радова на бушотини ради опремања “ GRAVEL PACK-ом ”. Додатни економски ризик представљају губици у производњи у случају неефикасности извршеног “ GRAVEL PACK-а” (у даљем тексту ГП) и честог отказивања опреме. Друга једина опција за смањење појаве песка у бушотинској зони јесте рад бушотине са продуктивношћу мањом од потенцијалне. Сви ти фактори чине актуелним задатак за увођење алтернативе.

У овом раду се описује разрада новог системског приступа формирању листе ефикасних технологија контроле изношења песка, полазећи од услова конкретног поља. Описани приступ обухвата етапе анализе постојећег нивоа развоја технике и вршења упоредних лабораторијских испитивања, постављајући основу за рангирање решења према ефикасности, узимајући у обзир статистику резултата до којих се дошло у лабораторији и на бушотини.

1. КОНТРОЛА ПЕШЧАНЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ „GRAVEL PACK-ом“

Продор слојног песка у канал бушотине је један од основних проблема у производњи нафте и гаса због тога што утиче на дестабилизацију колектор стене, промену стања бушотинске и површинске производне опреме (абразивно деловање песка) и смањење производње бушотине. Проблем производње песка је присутан у свим лежиштима у којима је колектор стена неконсолидовани пешчар. Производња песка је углавном везана за плитке, геолошки млађе колектор стене које немају или садрже мало цементационог материјала који везује зрна песка. Када је динамички притисак на дну бушотине нижи од лежишног притиска, силе трења у порном простору колектор стене које настају при протоку лежишног флуида ка каналу бушотине, делују на зрна песка. Уколико је вредност силе трења већа од сила које остварују компактност колектор стене, песак ће почети да се креће ка каналу бушотине. Након продора у канал бушотине, песак се таложи на дну бушотине (крупнија зрна) или се са лежишним флуидом износи на површину (ситнија зрна и силтске компоненте). (Мишо Солеша, Стеван Малогајски, 2000)

Пре примене било које методе за контролу слојног песка, неопходно је утврдити узроке производње слојног песка (дијагноза проблема) који могу бити следећи:

- Колектор стена је неконсолидовани пешчар - из кога се ни при минималној вредности динамичког притиска на дну бушотине не може остварити производња угљоводоника без слојног песка. Овакви колектори су идеални кандидати за превентивну примену неке од метода за контролу песка;
- Висока вредност депресије (ΔP) на дну бушотине - је врло чест узрок производње слојног песка из слабо консолидованих пешчара. У највечем броју случајева је могуће смањењем депресије на дну бушотине спречити производњу слојног песка све док се не повећа садржај лежишне воде у произведеном флуиду.
- Повећан садржај лежишне воде у произведеном флуиду - интензивира продор песка у канал бушотине (садржај воде у произведеном лежишном флуиду већи од око 30 %). У оваквим случајевима смањење депресије на дну бушотине нема великог утицаја на производњу слојног песка, те је неопходно применити неку од метода спречавања продора слојног песка у канал бушотине.
- Турбулентни режим протока лежишног флуида у прибушотинској зони - такође интензивира производњу слојног песка из слабо везаних пешчара. Овај проблем је у

већини случајева везан за гасна и гасокондензатна лежишта иако се може јавити и у високопродуктивним нафтним лежиштима. Уколико је узрок производње слојног песка турбулентни режим протока угљоводоника у прибушотинској зони, неопходно је смањити дневну производњу бушотине у циљу покушаја елиминисања присуства слојног песка у лежишним флуидом. Ако је овај корак неуспешан, једино што преостаје је примена неке од метода спречања продора песка у канал бушотине.

- Висока вискозност нафте - као последица пада лежишног притиска испод притиска засићења нафте у лежишту може утицати на интензивирање производње слојног песка. Вискозност нафте у прибушотинској зони се може смањити употребом одговарајућих дубинских грејача, што је сигурно скупље од примене неке од метода спречавања продора слојног песка у канал бушотине.
- Учестали хидраулички удари - који настају током рада дубинске пумпе која као погонски механизам има качаљку. Први корак и у покушају елиминисања производње песка треба да је смањење производње односно депресије коју ствара дубинска пумпа. Ако то не реши проблем, треба размотрити могућност замене дубинске пумпе вијчастом дубинском пумпом уз одржавање оптималне производње лежишног флуида без песка. У случају да и тај покушај не реши проблем на задовољавајући начин, неопходно је применити неку од метода превенције продора песка у канал бушотине.
- Дијагнозом проблема у бушотини, врши се утврђивање узрока производње песка а након тога треба одлучити шта је неопходно урадити да се производња песка елиминише. Ако се првим кораком (смањење производње бушотине) не постигне жељени резултат, мора се применити нека од метода којом ће се ефикасно спречити продор песка у канал бушотине.

Постоји неколико метода превенције продора песка у канал бушотине које се примењују у нафтним и гасним бушотинама, а могу се поделити у три групе:

- Механичке методе - (gravel pack, уградња "liner" колоне са прорезима, уградња ламелних филтера, уградња филтера испуњених гравелом);
- Хемијске методе - (учвршћивање прибушотинске зоне разним хемикалијама, најчешће органским смолама),

- Механичко-хемијске методе - (упумпавање гравела обложеног разним врстама смоле у прибушотинску зону и канал бушотине. Након стврдњавања смоле, чеп у каналу бушотине се буши и бушотина пушта у производњу).

Најшире примењена метода превенције продора песка у канал бушотине је „GRAVEL PASC“ (у даљем тексту ГП), у Србији је ово једина метода која се до сада користила. Велики број лежишта нафте и гаса у свету не би уопште био у производњи без примене методе ГП. Управо из тог разлога, уградња или сервисирање оштећеног ГП система спада у рутинске ремонтне радове у нафтним и гасним бушотинама. Учесталост примене методе ГП као ремонтног захвата, захтева постављање основних процедура њеног пројектовања, извођења и праћења. Иако се често у светској литератури метода ГП сврстава у стимулативне захвате. Потребно је истаћи да је кључ успешности уградње ГП система у чистоћи радног флуида, бушотине, површинске опреме и густо напакованом гравелу у перфорационим каналима и простору између спољњег пречника филтера и унутрашњег пречника експлоатационе колоне. (Мишо Солеша, Стеван Малогајски, 2000)

При пројектовању ГП система треба следити одређене поступке да би се изнашла оптимална решења, а то су:

- Избор одговарајуће бушотине - погодног кандидата;
- Добијање репрезентативног узорка слојног песка:(конвенционално језгро, бочно језгро, узорак узет алатом на жици, узорка из произведеног лежишног флуида);
- Гранулометријска анализа добијеног узорка;
- Одређивање оптималне гранулације, врсте гравела за засип, врсте филтера и величине зазора филтера;
- Избор начина напуцавања и израчунавање пада притиска кроз ГП систем;
- Избор радног флуида;
- Избор методе чишћења перфорационих канала након извршеног напуцавања;
- Избор методе којом ће се вршити засипање ГП опреме;
- Одређивање састава операционе и производне ГП опреме која ће бити уграђена у бушотину;
- Прорачун параметара неопходних за оптимално извођење засипања дела производне ГП опреме гравелом;
- Избор начина третирања бушотине, бушотинске и површинске опреме као и радног флуида у смислу чистоће;

- Утврђивање нивоа и компактности стуба гравела у анулусу.

Уградња ГП система се врши у зацевљеним и у бушотинама које производе кроз "OPEN HOLE" (не зацевљени део бушотине) тако да између процедура дизајнирања ГП система и начина извођења операције постоје извесне разлике. У бушотинама које производе кроз "OPEN HOLE" пре уградње производне ГП опреме обавезно се врши проширење "OPEN HOLE"-а и снимање пречника проширеног дела бушотине. Ризик неуспешности извођења операције уградње ГП система се знаћајно повечава уколико је неки корак прескочен или погрешно изведен. Важно је истаћи чињеницу да се успешност примене ГП методе пре свега процењује на основу података о производњи и понашању бушотине након заврештка ремонтног захвата. (Мишо Солеша, Стеван Малогајски, 2000)

1.1. Одређивање састава ГП опреме

ГП опрема која се спушта у бушотину састављена је од дела који остаје у бушотини (производни део ГП опреме) и дела који се по извршењу операције засипања гравелом вади из бушотине (операциони део ГП опреме). Састав ГП опреме се бира на основу методе која се користи за засипање гравелом.

Производни део ГП опреме чине:

- Главни филтери који се постављају у нивоу отвореног интервала односно "OPEN HOLE"-а;
- Контролни филтер, који се поставља на дну ГП опреме (ако се операција врши методом унакрсне циркулације и ГНФ-ом) или изнад главног филтера (ако се примењује метода унакрсне циркулације и флуид ниске вискозности),
- Неколико тубинга изнад главног или контролног филтера;
- Спојница на којој се врши отпајање операционог дела ГП опреме односно касније спајање производне опреме са засутим делом производне ГП опреме и
- Алуминијумски (ако није планирана киселинска обрада) или челићни централизери који се постављају на свака два тубинга у вертикалној односно два централизера на сваки тубинг у косој бушотини.

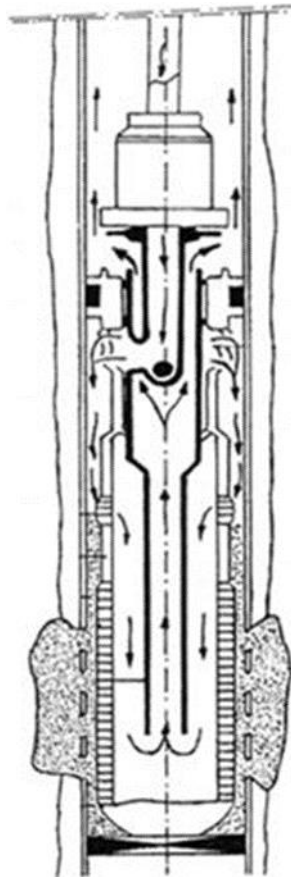
Операциони део ГП опреме чине:

- Испирне цеви одговарајуће дужине,

- Алат са бравом за спајање на спојници,
- Алат за унакрсну циркулацију и
- Тубинг.

Метода постављања засипа;

- Ниска концентрација подразумева упумпавање мешавине воде и песка у концентрацији од 60-120 kg/m³. Да би се обезбедило кретање мешавине и спречила могућност стварања чепова, препоручени капацитет упумпавања је од 500 – 1200 dm³/min. Средство за рад, помоћу које се врши ова операција је мала мешалица – блендер, чија је укупна радна запремина V=200 dm³. Недостатак ове методе је губитак флуида, што негативно утиче на каснији рад бушотине.
- Висока концентрација подразумева упумпавање мешавине гела (адитиви који се користе за израду гела су НЕС 10, BREAKER и нафта) и песка у концентрацији од 1200 – 1800 kg/m³, препоручени капацитет упумпавања је од 80 - 160 dm³/min, овим се постиже квалитетније сквизирање. Средство за рад, помоћу које се врши ова операција, је велика мешалица, чија је укупна радна запремина B=4000 dm³. (Мишо Солеша, Стеван Малогајски, 2000)



Slika 1.1. – Усадни комад за унакрсну циркулацију

Након завршетка засипања производног дела ГП опреме, оперативна ГП опрема се вади из бушотине а у бушотину се уграђује производна опрема у зависности од тога да ли бушотина може да ради еруптивно или је потребно применити неку од механичких метода експлоатације (дубинска пумпа, гас-лифт).



Слика 1.2. – Филтерска конструкција у попречном пресеку

1.2. Извођење засипа производне ГП опреме гравелом

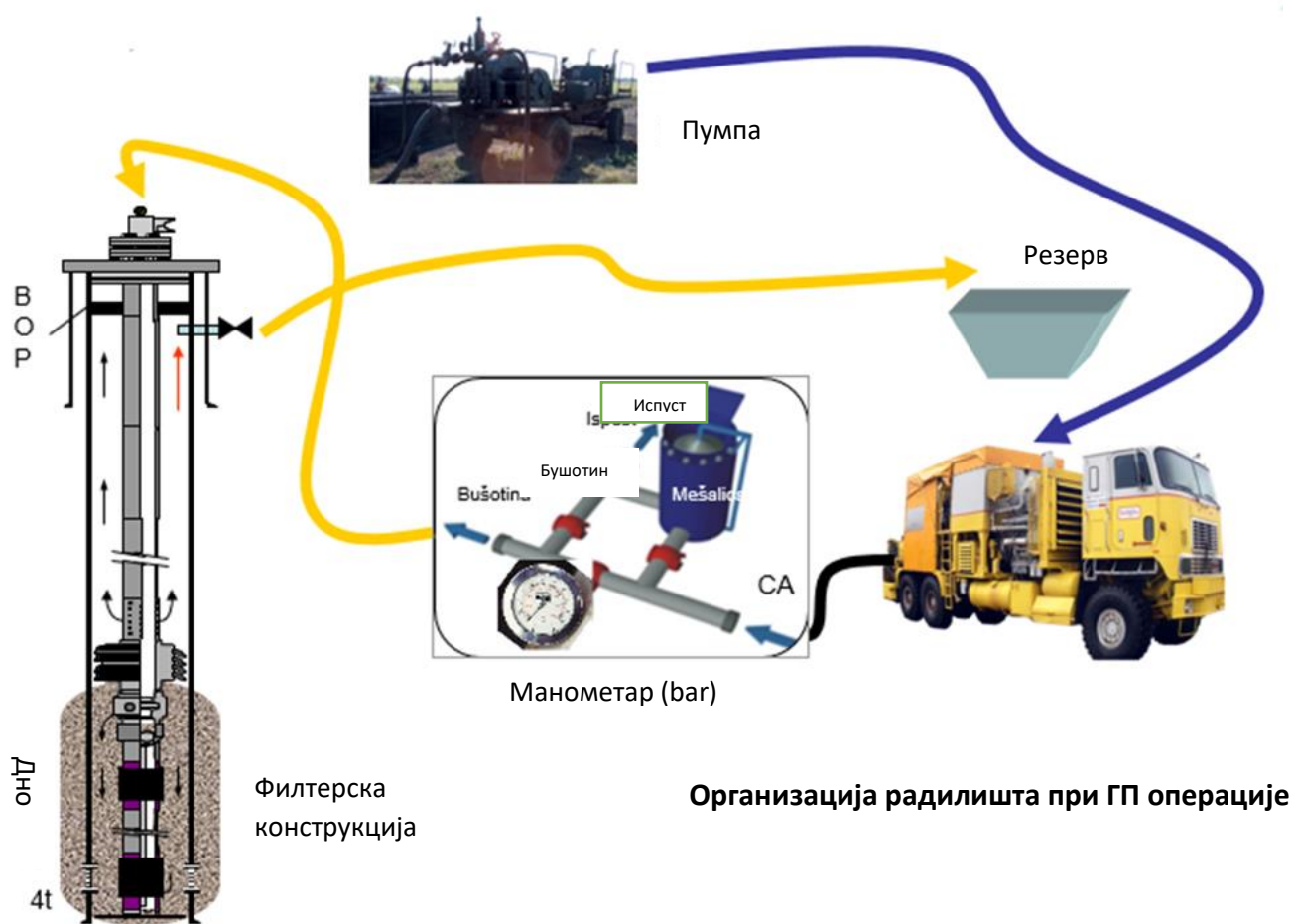
За успешно извођење операције ГП методом високе концентрације гравела, потребно је израчунати или дефинисати следеће параметре:

- Потребну запремину ГНФ-а;
- Потребну масу пропанта за жељену концентрацију гравела у ГНФ-у;
- Капацитет упумпавања мешавине ГНФ-а и гравела;
- Максимални притисак упумпавања мешавине ГНФ-а и гравела;
- Концентрацију гравела у ГНФ-у;
- Запремину ГНФ-а као претходнице и потисног флуида.

Пре вршења прорачуна мора се дефинисати концентрација гравела у ГНФ-у која директно утиче на висину масе гравела у анулусу након завршеном засипању ГП опреме.

Када се мешавина ГНФ-а и гравела упумпа до отвора на алату за унакрсну циркулацију, капацитет упумпавања треба да се смањи на $Q=0.07-0.08 \text{ m}^3/\text{min}$. Праћење тока операције засипања ГП опреме гравелом врши се пажљивом контролом запремина упумпаних флуида и притисака на потисним водовима.

Раније је већ речено да је чистоћа кључни предуслов за успешно извођење операције засипања производне ГП опреме гравелом. Радни флуид је потребно филтрирати, тако да у њему остану чврсте честице максималног пречника 2 μ . За филтрирање флуида се користе разни филтери као што су филтери са ваљкастим улошцима, филтери са дијатомејском земљом, итд. Експлоатациона колона мора бити прочишћена одговарајућим скрепером и длетом. Тубинг који се користи током операције мора бити очишћен тако да не садржи парафин, продукте корозије или каменац. Површинска опрема (водови, резервоари, пумпни агрегат, мешалица за гравел) мора бити такође очишћена. (Мишо Солеша, Стеван Малогајски, 2000)



Слика 1.3. – Опрема за ГП-операцију

1.3. Проблематика

Проблеми који настају у току уградње ГП, да у току спуштања и комплетиране ГП опреме дође до нове појаве песка у канал бушотине, због чега није могуће ослонити композицију на дно. Поред тога неретко се догађа да сама позиција ГП опреме онда није позиционирана на адекватан начин. Адекватно позиционирање ГП – опреме је да главни филтер преклапа цео производни интервал плус 1,5 м изнад горње и доње границе интервала.

До ове проблематике долази из горе већ наведених разлога као и због не адекватне брзине спуштања опреме при чему долази до хидрауличких удара. У току вађења цевног у манерву пре самог комплетирања и спуштања ГП-опреме, ако се не врши адекватно допуњавање долази до благог пада хидростатског притиска и у тим случајевима може се очекивати нови уток слојног песка у бушотинску зону.

Ови проблем се лако могу избећи адекватном контролом и придржавањима прописа.

У току самог засипа могући су проблеми веће потрошње кварцног песка што повећава трошкове а поред тога изискује снимање квалитета самог засипа.

Много већи проблем настаје у току вађења уграђене ГП-опреме ради вршења капиталних ремонтних радова. У току вађења опреме често долази до инструментација због чега се радова продужавају и до 30% од предвиђеног времена трајања радова.

2. ЦИЉЕВИ УВОЂЕЊА АЛТЕРНАТИВНИХ МЕТОДА

Првобитно се идеја испробавања нових технологија за борбу против изношења песка појавила због великог броја бушотина са проблемима те врсте на два највећа експлатациона поља у Србији. Тренутно главно решење које се примењује је опремање бушотина ГП-ом. Истакнимо да је та "физичка" метода успешна у 85-90% случајева, остављајући у фонду бушотина са отежаним условима рада 10-15% оних, за које је актуелно проналажење алтернативних технологија.

Поред овог као што је и објашњено у претходном поглављу неретко долази до проблематике у току регуларних ремонтних радова при којима је потребно извадити претходно уграђену опрему ГП-а.

2.1. Избор алтернативне технологије

Тражење алтернативне технологије за борбу против изношења песка од старта се базирало на неопходности испуњавања три кључна услова, који представљају критеријуме за процену ефикасности (табела 2.1.).

Преглед постојећег нивоа развоја технологија нуди следеће алтернативе за пешчани филтер:

- механички филтери различитих конструкција са битним конструкцијским или неким другим разликама у односу на коришћену ГП технологију;
- хемијске технологије усмерене на стабилизацију прибушотинске зоне слоја хемијским реагенсима;
- физичко-хемијске методе, као што су на пример, коксовање нафте у прибушотинској зони слоја или извођење малотонажног хидрауличког фрактурирања (ХФ) уз примену РЦП пропанта.

Одлучено је да се тестирање физичко - хемијских технологија одложи ради проучавања у будућности, зато што нема приступачних испробаних методологија и лабораторијске опреме за потребе испитивања, а и реализација сличних обрада на бушотинама је технички сложена. Алтернативне варијанте механичких дубинских филтера су такође изузете из разматрања, јер њихове принципијелне шеме рада и конструкцијска изведба не пружају

довољно основа да се предвиди већа успешност у циљу идентификације са базичном технологијом "Gravel Pack-a". Избор је на крају пао на хемијске технологије учвршћивања прибушотинске зоне слоја.

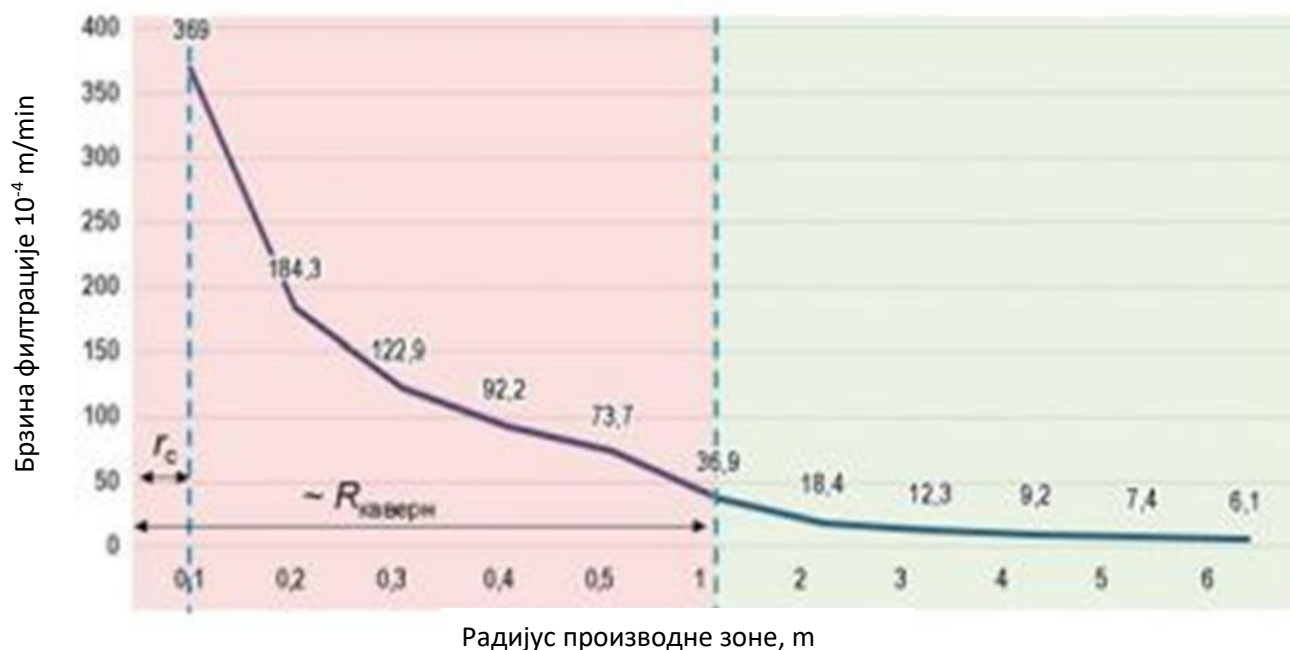
Треба истаћи да од раније дефинисане вредности критеријума за процену ефикасности датих технологија треба посматрати у комбинацији са многим факторима, који утичу на достизање циљних показатеља: литолошки и минералошки састав колектора, хетерогеност гранулометријског састава стенских формација које формирају прибушотинску зону слоја, постојање каверни у њој након дужег периода експлоатације, разлика у дневној производњи (депресији у слоју) обрађиваних бушотина и др. Полазећи од тога да значајно смањење депресије у слоју доводи до губитака нафте, а постепена колматација филтера се јавља у свим условима, задатак се своди на продужавање века трајања филтера уз очување производних показатеља бушотине. (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)

*Табела 2.1. - Критеријуми за процену ефикасности технологија контроле
изношења песка*

Ред. Број	Критеријум	Технологија	Напомена
1	Изношење механичких честица у "критичним" количинама од преко 500 mg/l	Користи се стандардна технологија, ефикасне технологије нема	Стандардна препорука произвођача ЕСП пумпи за опрему 3. категорије изведбе
2	Смањење дотока , повезано са колматацијом филтера у року краћем од 365 дана		Типично за производне компаније уколико се отказ класификује као преурањен
3	Отказ пумпне опреме повезан са заглавом због механичких честица у произведеном флуиду са периодом рада краћим од 365 дана		

Ако се пође од геометрије, при константној дневној производњи бушотине брзина кретања флуида кроз замишљену бочну површину цилиндра, ограниченог одозго и одоздо заштитном стеном и подином напуцаног интервала, аутоматски расте како се радијус цилиндра приближава радијусу канала бушотине, што повећава оптерећење на скелет формације. Практично искуство стварања пешчаних филтера сведочи о томе да обим пешчаног засипа одговара средњем радијусу каверне 1 m. На основу тога се претпоставило, да управо у границама те удаљености бушотине се брзина кретања флуида повећава до критичних вредности. На основу цилиндричног модела изведена је зависност брзине филтрације од радијуса прибушотинске зоне за услове упросечене по нивоу поља, стенске формације 30 % (слика 2.1). (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)

$$Q_{\text{fluida}}=26\text{m}^3/24\text{h}, H_{\text{sloj}}=1.5, \text{ порозност} \quad (2.1.)$$



Слика 2.1. - Зависност брзине филтрације флуида од радијуса прибушотинске зоне слоја у цилиндричном моделу

Као што се види из сл. 2.1, на растојању преко 1 метра од канала бушотине графикон се поравнава и брзина се мало мења са удаљавањем у правцу контура напајања.

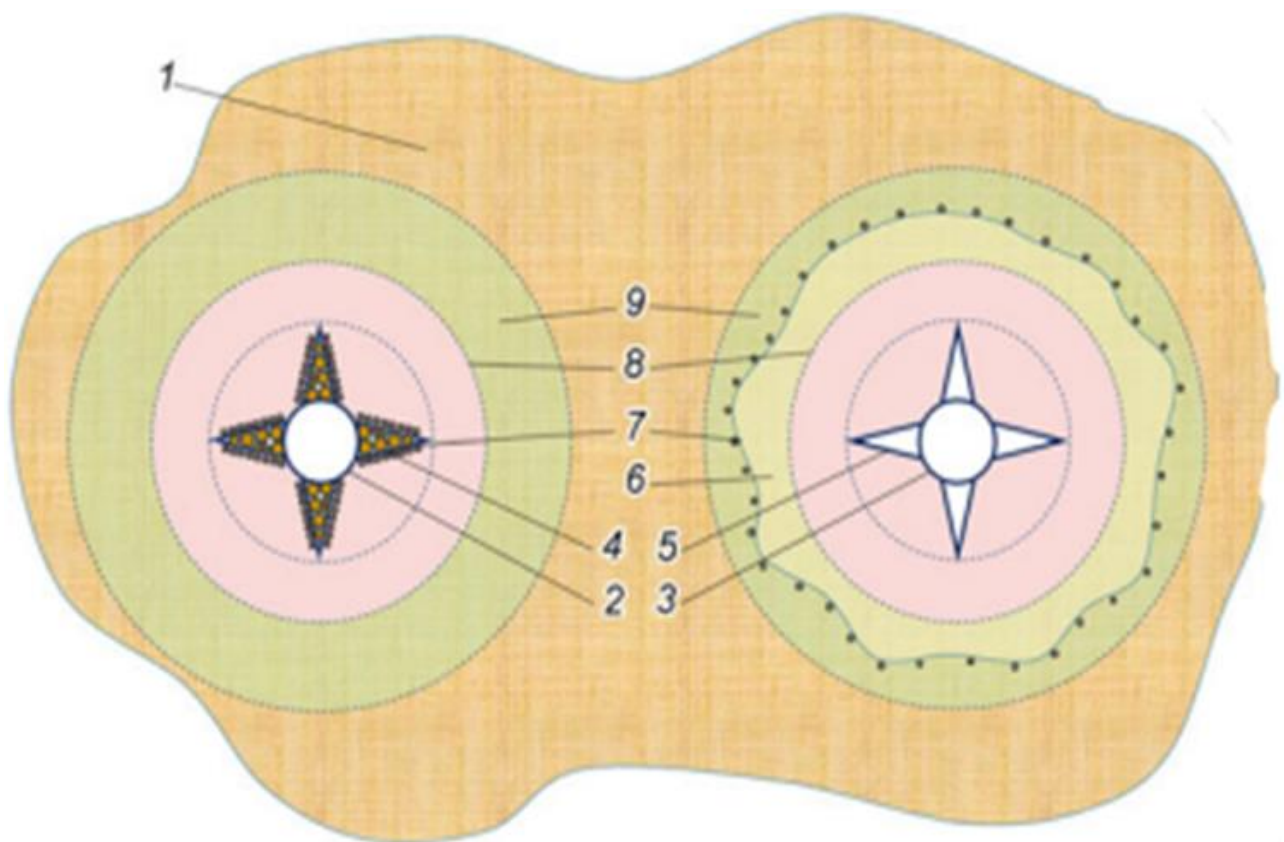
Све то наведено пружа основ претпоставци да приликом филтрације у прибушотинској зони до критичног радијуса колектор трпи деструктивна оптерећења и представља главни извор песка који се износи са флуидом. Због тога је сврсисходно консолидовати прибушотинску зону слоја у том делу, појачавши чврстоћу и отпорност формације на оптерећења услед депресије уз истовремено задржавање пермеабилности, а спољашњу границу филтрације честица које доноси ток флуида пренети у зону малих брзина, где су хидродинамичка оптерећења на слој минимална.

Овакве могућности треба да поседује хемијска технологија борбе против песка. Код шематског поређења са ГП-ом откривају се следеће особености (слика 2.2.):

1. Приликом примене филтерских система са пешчаним засипом главни филтрациони медијум је песак, који се под притиском утискује у перфорационе канале и простор између металног филтера и експлоатационе колоне. При томе је максимална могућа дубина утискивања песка ограничена дужином канала која, по правилу, није већа од 0,5... 0,7 m, у зависности од конструкције и капацитета коришћеног перфоратора.

Горе поменута зона великих брзина радијуса до 1 метра није консолидована, а нагомилавање механичких честица које доноси ток флуида одвија се на простору мале површине, што у случају уједначене количине наношеног материјала може проузроковати брзу колматацију. Зато је за сигурно учвршћивање зоне великих брзина кретања лежишног флуида неопходно обрачунати обим хемијских реагенаса, који се ињектирају ван граница те зоне. Знајући пречник учвршћивања, висину слоја и његову порозност, можемо да израчунамо неопходни обим за сигурно учвршћивање зоне са великим брзинама.

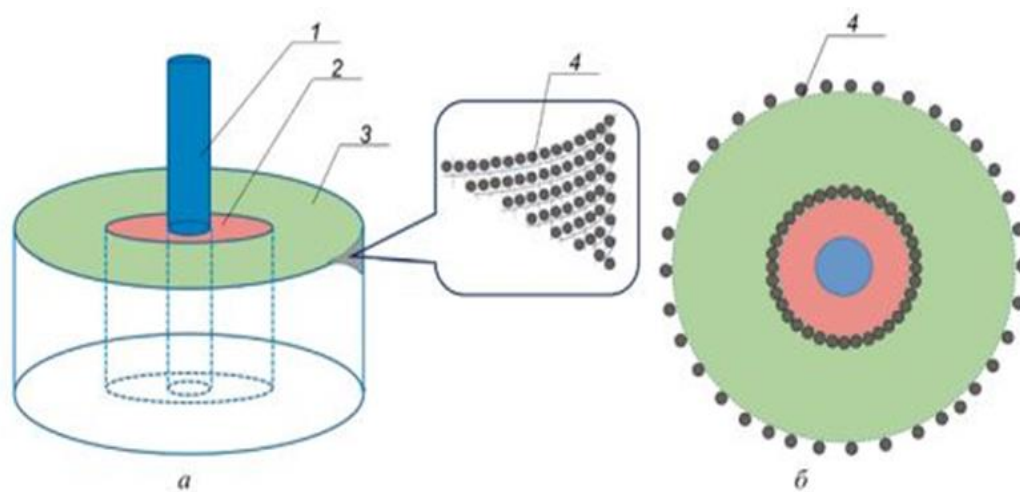
2. Основу хемијске технологије представља учвршћивање прибушотинске зоне дубоком импрегнацијом специјалним хемикалијама. Теоретски гледано, постоји могућност да се критични радијус "прекорачи" утискивањем веће количине хемикалија. Теоретски гледано, постоји могућност да се критични радијус "прекорачи" утискивањем веће количине хемикалија. На тај начин би зона са критичним брзинама филтрације и деструктивним оптерећењима била учвршћена, а акумулација наношених честица би се одвијала на већој филтрационој површини, која пролази границом обрађене зоне и необрађеног, слабоконсолидованог слоја. (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)



Слика 2.2. Шематско поређење хемијске технологије борбе против изношења песка и физичке технологије "Gravel Pack" (поглед одозго): 1 – слабоконсолидовани слој; 2 – бушотина опремљена системом "Gravel Pack" ; 3 – бушотина обрађена хемикалијама; 4 – перфорациони канал са инјектираним пешчаном засипом, $P \sim 0,5m$; 5 – перфорациони канал; 6 – зона, обрађена хемикалијама за консолидовање слоја; 7 – граница акумулације честица које носи ток флуида; 8 – зона радијуса до 1m са критичним брзинама филтрације и хидродинамичким оптерећењима које разарају колектор; 9 – зона радијуса преко 1m, где је брзина филтрације и оптерећење на формацију испод критичних

Треба се посебно осврнути на представе које аутори користе, а тичу се колматације интергрануларног простора присутне на граници филтрационог медијума и слабоконсолидованог колектора. Ова филтрациона површина је представљена бочном изводницом цилиндра, чије су основе повлата и подина продуктивног слоја. На слици 2.2. је приказан најпростији геометријски модел акумулације задржаних механичких честица у зависности од положаја преграде за филтрацију, где је 1 – бушотина; 2 – зона филтрације која се налази у непосредној близини бушотине, се подудару са зоном

критичних брзина и оптерећења. Ако се овде налази филтрациона површина колматација се дешава у кратком року; 3 – зона филтрације значајно је удаљена од бушотине, подудара се са зоном критичних брзина и оптерећења. Ако се овде налази филтрациона површина колматација се дешава у кратком року; 3 – зона филтрације значајно је удаљена од бушотине, подудара се са зоном малих брзина и оптерећења, ако се филтрациона површина налази овде колматација иде споро; 4 – упрошћена схема процеса таложења честица на контурама филтрације. (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)



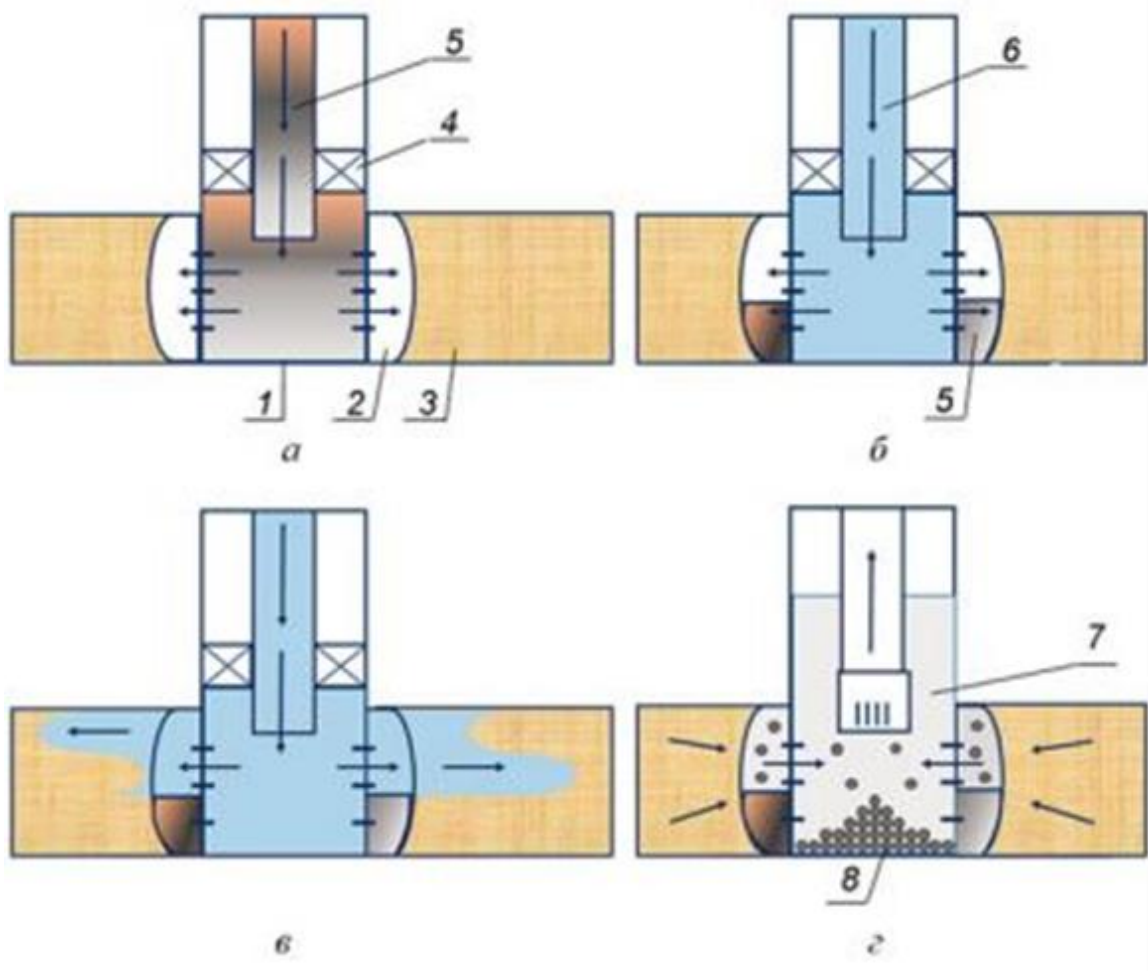
Слика 2.3. - Колматација прибушотинске зоне код радијалног тока: (а) - дистрибуција механичких честица по изводници цилиндра; б) поглед одозго

Како следи из слике 2.3, ако се код исте запремине произведеног флуида из њега исфилтрира одређени број честица песка, колматација површине веће локације ће бити спорија, што ће омогућити да се повећа време рада филтера. То се лепо види на слици 2.3. - б, где исти број од 36 идеалних "зрна песка" код акумулације дуж минималног пречника (зона 2) гради густу преграду са минималним зазором између честица, а тих истих 36 модела зрна песка ако се задрже даље од бушотине (зона 4) се упакују много ређе и теоретски ова преграда мора да има много већу пропусност. (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)

Полазећи од свега наведеног, одлучено је да се наставе испитивања усмерена на процену примењивости хемијске технологије. При томе је важно разумети да поред великог броја предности овај приступ има и низ веома битних технолошких ризика: могуће је да

својства чврстоће обрађеног пешчара нису у складу са потребним карактеристикама или да након обраде дође до критичног пада пермеабилности у прибушотинској зони слоја због неусклађености композиције са датим продуктивним слојем или просто због слабог квалитета. Између осталог, мора се узети у обзир једна важна околност: дугогодишња експлоатација проучаваног поља је практично свуда довела до образовања каверни у прибушотинској зони слоја, за слабо везане колекторе, где се, како време пролази, формира каверна. Ова појава са собом носи мноштво негативних последица, укључујући обрушавање повлате слоја под тежином плићих стенских формација и ремећење хидродинамичке везе између продуктивног слоја и напуцаног интервала.

У овом случају се прогнозира негативан ефекат, који је у вези са деградацијом квалитета обраде прибушотинске зоне слоја (слика 2.4). Суштина појаве је следећа: приликом ињектирања реагенса у прибушотинску зону слоја (види слику 2.4, а) он не консолидује порну средину од повлате до подине равномерно, већ се таложи под деловањем гравитације на дно каверне (види слику 2.4, б). При том следећа порција радног флуида за потискивање, по правилу, има мању вискозност и специфичну тежину, не врши своју функцију, већ пролази дуж горњег дела каверне и филтрира се даље у слој (види слику 2.4, в). Као резултат, упумпани реагенс са циљем учвршћивања слоја не формира у прибушотинској зони пропусну преграду велике густине и механичке примесе улазе у бушотину заједно са флуидом по нестабилизovanом горњем делу каверне (види слику 2.4, г). (Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е, 2010)



Слика 2.4. - Компликације приликом обраде бушотине хемијским реагенсима за борбу против песка уколико постоје каверне: а – утискивање реагенса у бушотину; б, в – потискивање реагенса у прибушотинску зону слоја; г – пуштање бушотине у рад, где је 1 – бушотина; 2 – каверна; 3 – слабоконсолидовани колектор; 4 – технолошки Тубинг са активираним пакером; 5 – реагенс за стабилизацију прибушотинске зоне; 6 – радни флуид за потискивање; 7 – произведени флуид; 8 – изношење механичких честица;

Каверну пре обраде хемијским реагенсима претходно треба компактно упаковати песком. То елиминише негативан утицај и даје могућност да се равномерно импрегнира прибушотинска зона хемијским реагенсима стварајући хомогену филтрациону преграду од повлате до подине продуктивног слоја.

3. МЕТОДА ИСТРАЖИВАЊА И ТЕСТИРАЊА ХЕМИЈСКИХ РЕАГЕНСА

3.1. Проналажење хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја

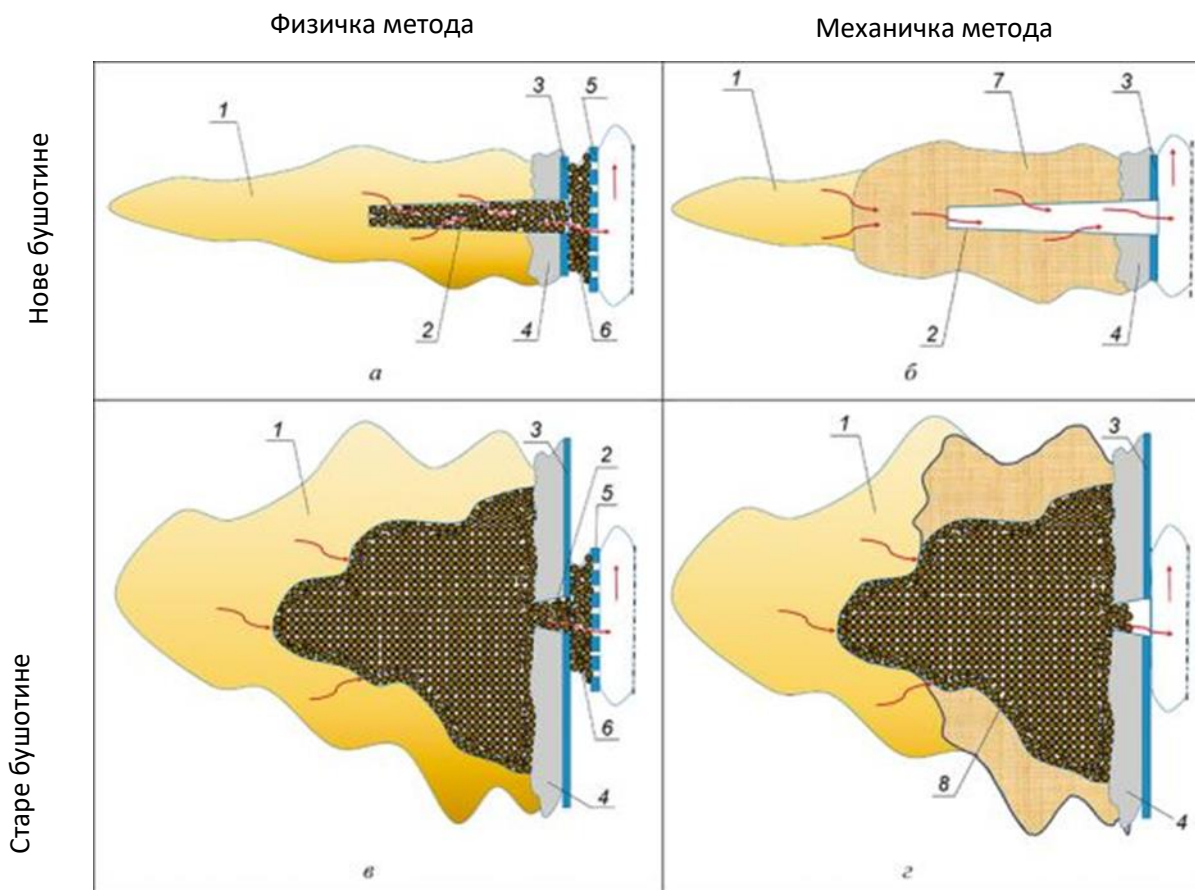
Најбољи резултати се могу постићи применом лабораторијских тестирања различитих хемијских реагенаса. Искуствима из других нафтних компанија најбољи хемијски реагенси за учвршћивање прибушотинске зоне слоја су на бази силицијум-органичких смола. Реагенсе одликује слаба вискозност и велика способност везивања.

Поред лабораторијског истраживања приступило се и тестирању на терену, избором најбољих кандидата. Извршен је избор 3 бушотине на сваком експлоатационом пољу.

Јачање карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде је поред очувања пермеабилности, је кључни критеријум за постизање успешног третмана. У циљу првобитне провере композиције извршено је тестирање ломљења узорка пешчара узетих са датих поља, који је обрађен достављеном хемикалијом. Компресиона чврстоћа гранулата, повезаног смолом, налази се у границама 10,5...24,6 МПа, што је упоредиво са вредностима које су добијене приликом вршења експеримента 7,2. ..22,7 МПа. (А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздра. 2020)

3.2. Разрада методологије експеримента

Упоредна лабораторијска испитивања технологија борбе против песка су недовољно обрађена у савременој литератури, и нема стандардних методологија за дату врсту експеримената. Планирање експеримената се вршило полазећи од потребе како максимално приближити услове филтрације прибушотинској зони слоја (слика 3.1.).

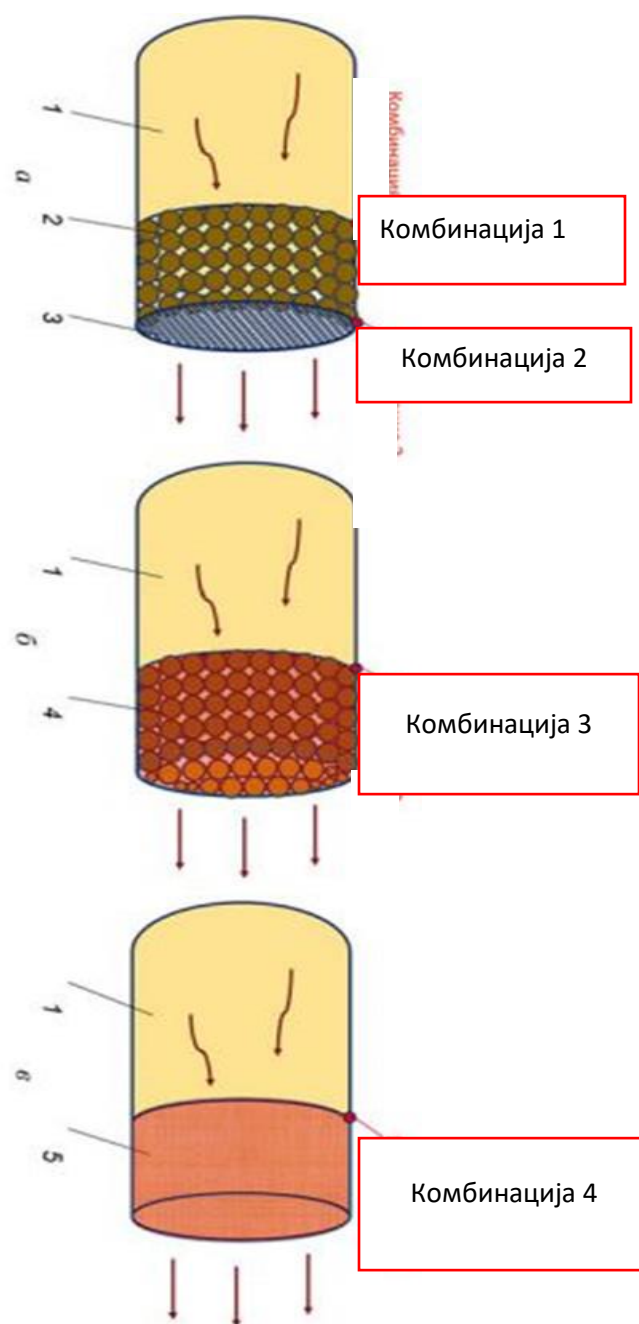


Слика 3.1. - Филтрациони процеси у прибушотинској зони слоја приликом примене механичке и хемијске методе борбе против изношења: а – нова бушотина опремљена пешчаним филтером; б – нова бушотина обрађена хемикалијом за учвршћивање ПЗС; в – дуго експлоатисана бушотина са каверном, опремљена пешчаним филтером; г – дуго експлоатисана бушотина са каверном, каверна је упакована гранулатом и обрађена хемикалијом за учвршћивање ПЗС, где 1 – слабоконсолидовани слој; 2 – перфорациони канал; 3 – експлоатациона колона; 4 – цементни камен; 5 – специјални метални филтер за фиксирање пешчаног засипа; 6 – пешчани засип; 7 – слабоконсолидована формација, учвршћена обрадом хемијским реагенсима; 8 – каверна, напуњена пешчаним засипом, повезана хемијским реагенсом

За испитивање способности филтрирања честица неконсолидованог слоја и пропуштања произведене флуиде биле су припремљене скице вишеслојних пресованих модела, описане у табели 3.1. и приказане на слици 3.2. (А.А. Килмајатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)

Табела 3.1. - Конструкција пресованих модела за лабораторијска испитивања

Технологија	Комбинација	Порозни медијум у смеру филтрације		
		1	2	3
Пешчани филтер	Слика 5, а, в	Слабоконсолидовано језгро	Пешчани засип	Метални филтери
Хемијска технологија	Слика 5, б	Слабоконсолидовано језгро	Слабо консолидовано језгро, обрађено хемикалијом за учвршћивање ПЗС	—
	Слика 5, г	Слабоконсолидовано језгро	Пешчани засип обрађен реагенсом за учвршћивање прибушотинске зоне слоја	—



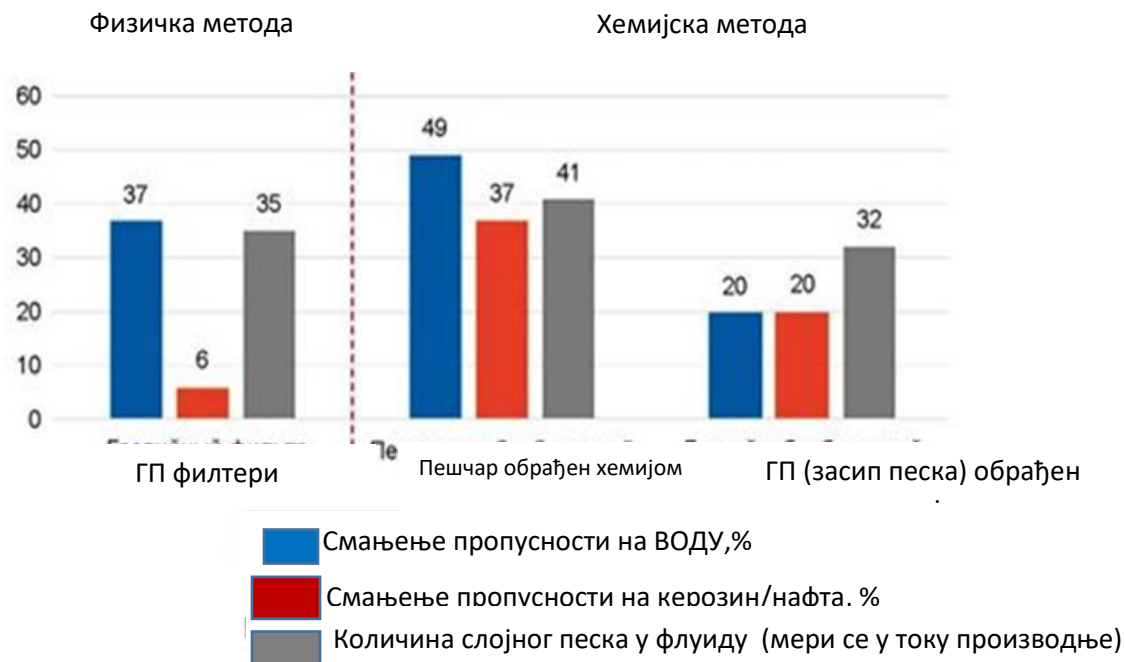
Слика 3.2. - Скице пресованих модела за симулирање процеса који се одвијају у прибушотинској зони слоја: а) - технологија "Gravel Pack"; б), в) хемијска технологија за учвршћивање ПЗС, где је 1 – слабоконсолидован песчар; 2 – специјално одабран пешчани засип; 3 – метални диск са прорезима који одговарају зазорима металних елемената, за фиксирање засипа у пешчаном засипу; 4 – специјално одабран пешчани засип, консолидован помоћу хемикалија за учвршћивање прибушотинске зоне; 5 – слабоконсолидован песчар, консолидован уз помоћ хемикалија за учвршћивање прибушотинске зоне слоја

3.3. Избор језгрованог материјала за формирање пресованих модела стена

С обзиром на искуство у примени филтерских система са пешчаним засипом стеченог на нивоу компаније, треба истаћи да гранулометријски састав стенских формација у прибушотинској зони бушотина са отежаним условима експлоатације има врло широк спектар. Главни разлог који условљава такав распон јесте постојање великих разлика у садржају песка, алеврита и глина. Из тог разлога је одлучено да се стенске формације најпре групишу према садржају фракција, да би експериментима били обухваћени како једноставни случајеви са минималном количином глина и алеврита, тако и најпроблематичније јако заглињене стенске формације. Гранулометријска анализа узорака језгрованог материјала са датих поља је омогућила да се издвоји 7 група стенских формација (табела 3.2.). (А.А. Киљмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020).

Табела 3.2. - Груписање узорака према масеном садржају честица различитих димензија

Група	Песак	Алеврит	Глина	Број узорака
	0,05...2mm	0,002 mm... 0,05 mm	< 0,002 mm	
	Садржај, % max.			
I	80...100	0...15	0...5	53
II	60...80	15...30	0...5	15
III	60...80	30...45	0...5	6
IV	60...80	15...30	5...10	10
V	60...80	30...45	5...10	6
VI	40...60	30...45	5...10	13
VII	40...60	30...45	10...15	8



Слика 3.3. - Упоредна процена механичке и хемијске методе контроле изношења песка

Ослањајући се на добијене резултате, изабрани су узорци са различитим масеним односом фракција, рангирани према порасту заглињености (табела 3.3.). (А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)

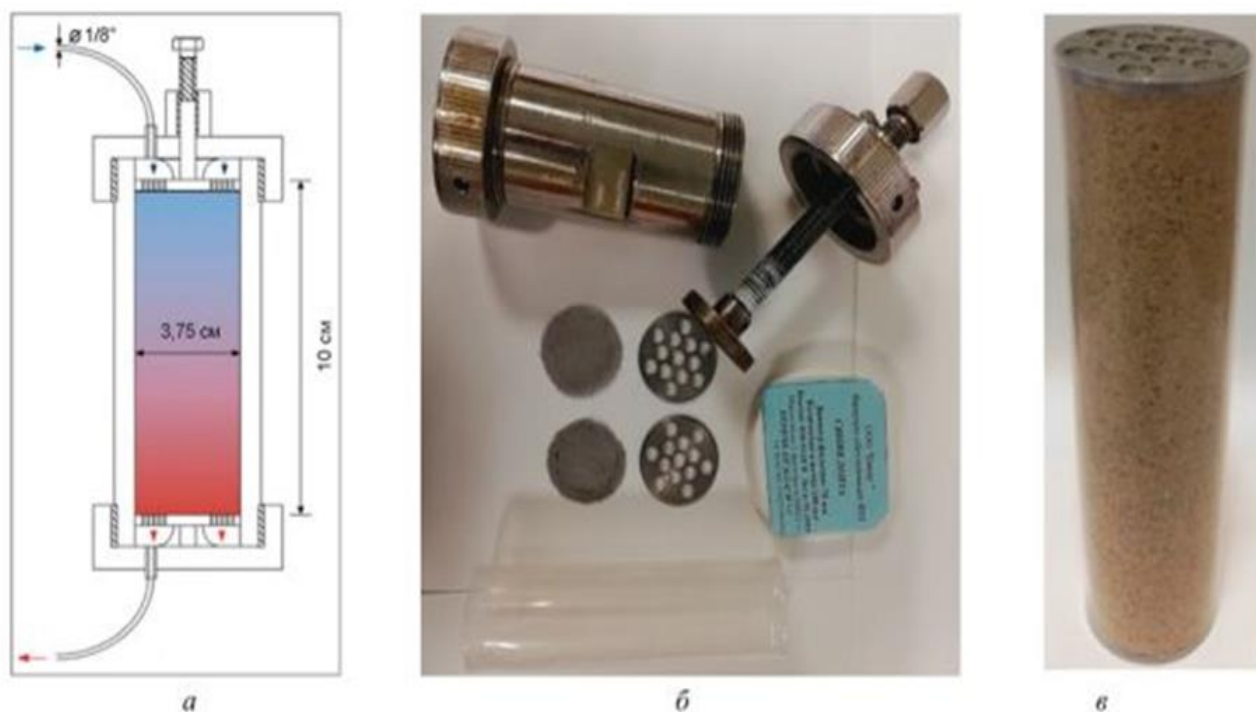
Табела 3.3. - Груписање узорака према повећању заглињености

Група	Стенска формација	Садржај, % мах.		
		Песак	Алеврит	Глина
1	Пешчар	95,2	4,2	0,6
2	Пешчар	74,2	20,8	5,0
3	Лапоровити пешчар	53,2	37,1	9,7
4	Лапорац	28,9	51,1	20,0

3.3.1. Припрема за експерименте - Израда узорака

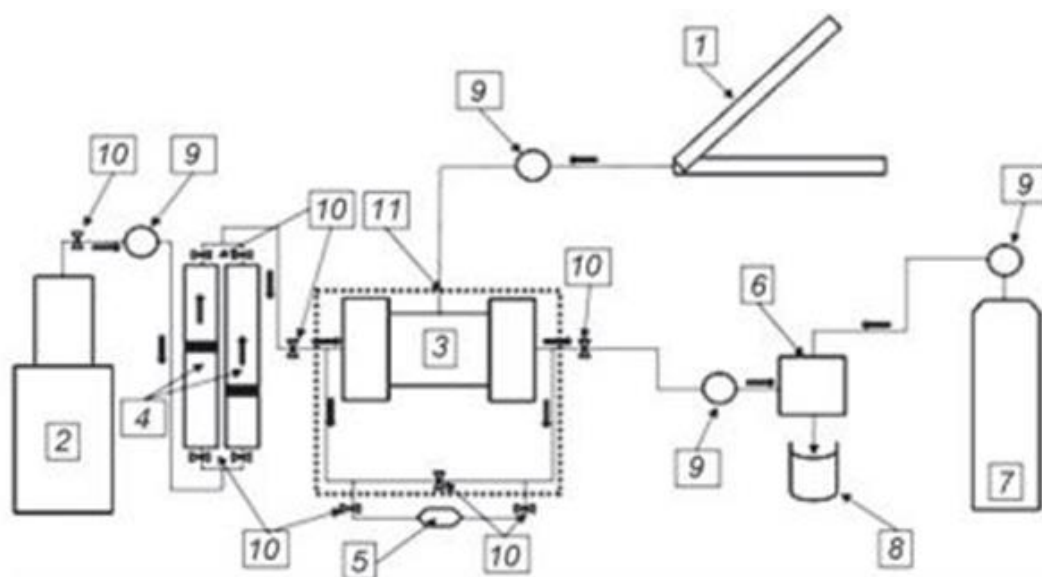
Након извршеног одабира бушотина врши се прикупљање – узимање узорака за лабораторијско испитивање (резултати испитивања у Таблици 3.5.). За лабораторијска испитивања су одабрани узорци са различитим масеним односом фракција, рангирани од најмање ка највећој заглињености.

За формирање цилиндричних узорака од песка, коришћених за филтрациона испитивања, осмишљени су и израђени специјални калупи за пресовање (слика 3.4.). (А.А. Килмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)



Слика 3.4. - Калупи за пресовање цилиндричних узорака (а); за панчеревање модела (плагова) (б); пример готовог панчерованог модела (плага) за филтрациона испитивања (в)

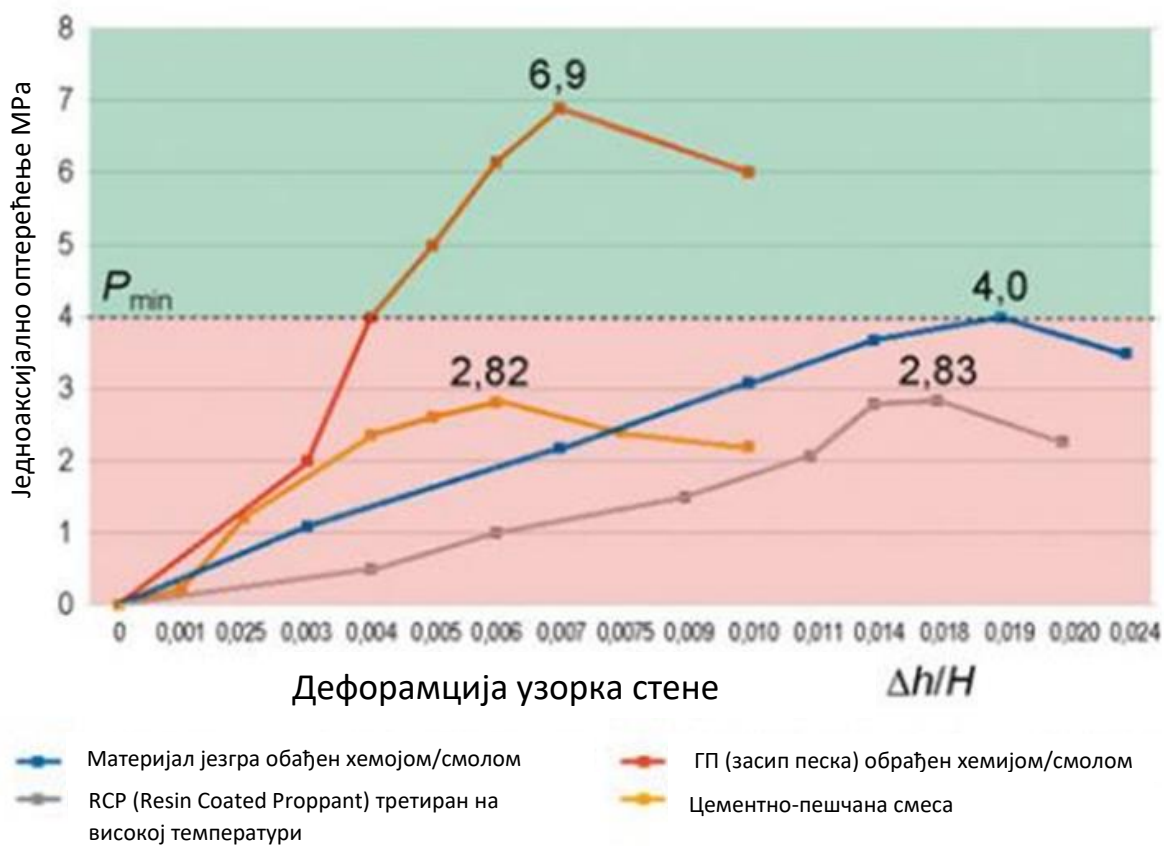
Шема филтрационог уређаја за моделовање процеса у лежишним условима дата је на слици 4.5.



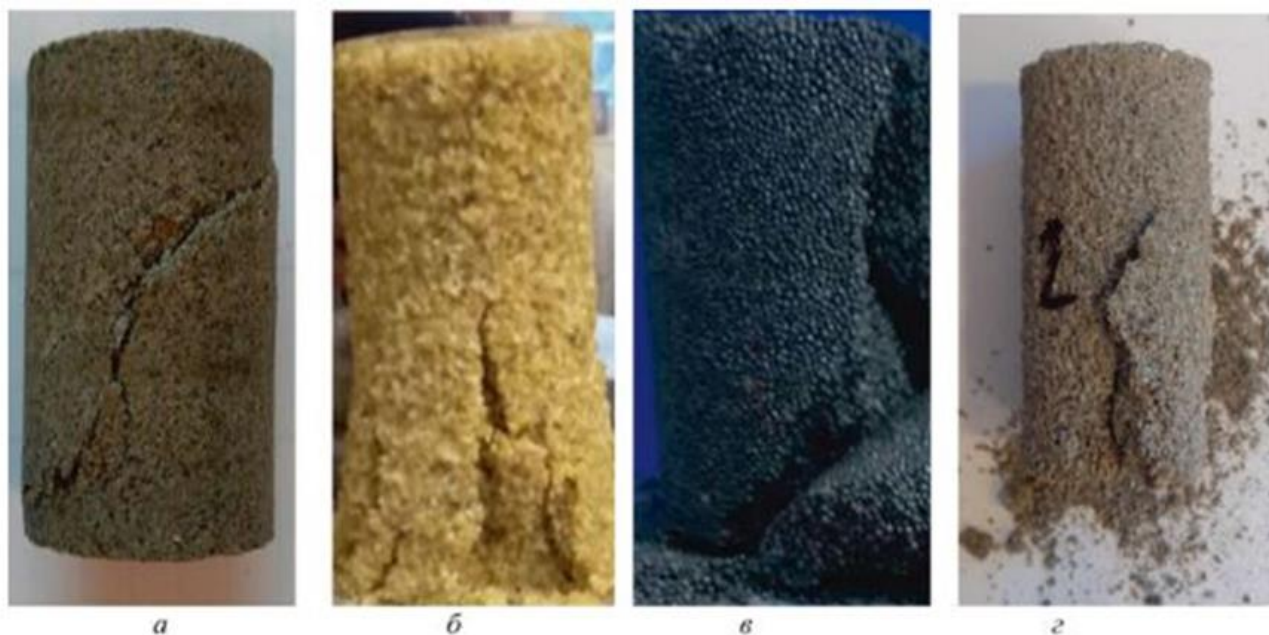
Слика 3.5. - Принципијелна шема филтрационог уређаја: 1 – ручна пумпа за стварање ОБ притиска; 2 – пумпа за довод радног флуида; 3 – држач језгра; 4 – цилиндри са радним флуидима; 5 – диференцијални манометар; 6 – регулатор повратног притиска; 7 – боца са азотом; 8 – посуда за прихват флуида; 9 – апсолутни манометар; 10 – вентили; 11 – термостатска комора

3.3.2. Тестирање механичких својстава филтрационих средина

Граница чврстоће цилиндричних узорака одређивана је једнооксијалном компресијом. Резултати и изглед узорака након извршеног експеримента дати су на сликама 3.6. и 3.7. (А.А. Кильмаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)



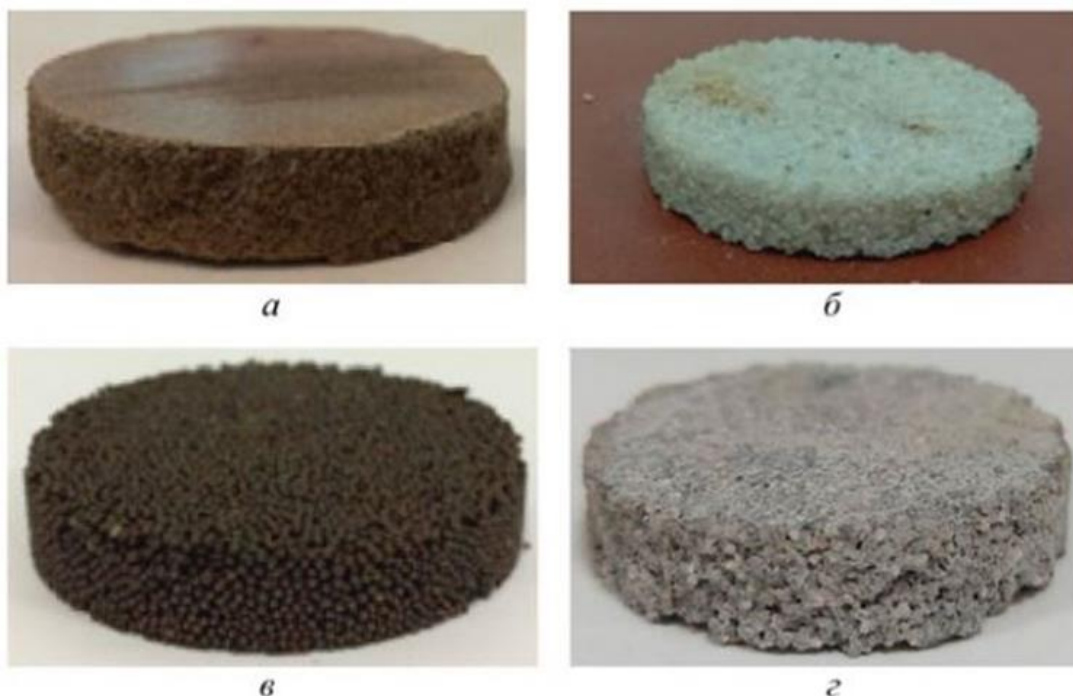
Слика 3.6. Графיקони силе приликом испитивања чврстоће узорака језгра, обрађених помоћу различитих технологија



Слика 3.7. - Фотографије узорака после извршених експеримената ломљења: а – језгровани материјал обрађен смолом; б – „Gravel Pack“ засип обрађен смолом; в – РЦП пропант термички учвршћен према технолошким препорукама; г – мешавина цемента и песка

3.3.3. Филтрациона испитивања

За формирање панчерованих модела (плагова) сложеног састава у циљу симулације процеса у при бушотинској зони припремљени су скраћени цилиндрични узорци пречника $1,5'' \times 0,3''$ (слика 3.8.). (А.А. Килмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)



Слика 3.8. - Изглед узорака за филтрациона испитивања: а – језгровани материјал обрађен смолама; б – „Gravel Pack засип“ обрађен смолама; в – РЦП пропант после термичке обраде; г – мешавина цемента и песка

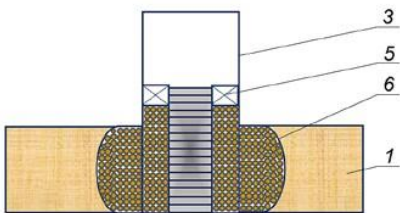
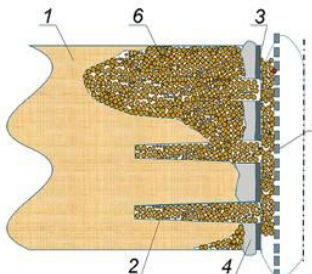
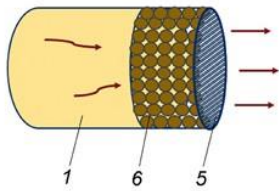
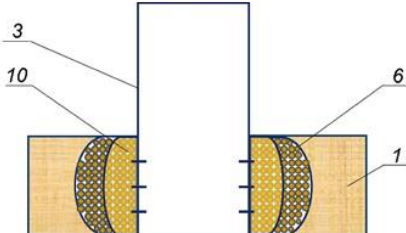
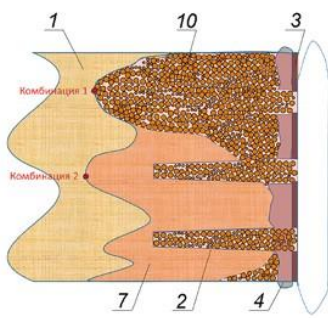
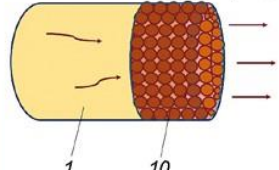
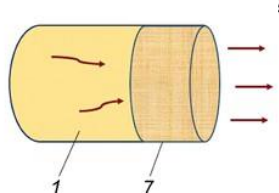
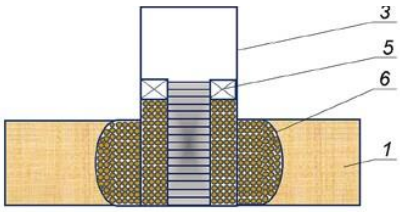
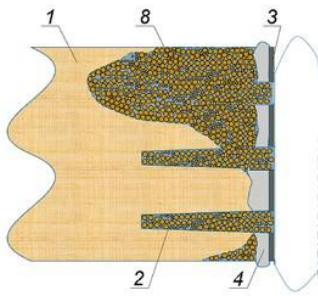
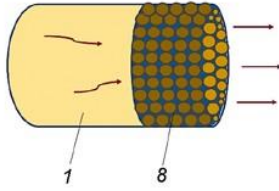
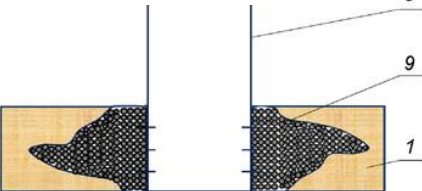
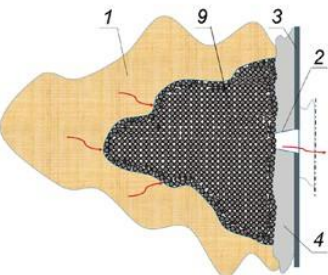
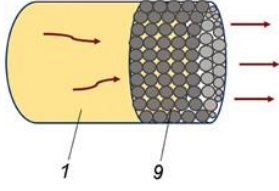
У складу са процесима који се одвијају у прибушотинској зони слоја, биле су предложене шеме панчерованих модела (плагова) (слика 3.7.). Без обзира на то што димензије модела нису упоредиве са размерама слоја, флуид се током експеримента филтрира кроз порозне средине на исти начин као и у прибушотинској зони: најпре кроз стену, а затим кроз елемент који симулира понашање филтера. Треба истаћи да коришћење термоскупљајућег црева као омотача за панчероване моделе омогућава да се експерименти изводе под симулираним притиском који је упоредив са формацијским. Овај приступ значајно побољшава репродуктивност експерименталних резултата у поређењу са првобитно коришћеним моделима без деловања притиска у металним цилиндрима. (А.А. Килмамамов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. 2020)

По свему судећи то је повезано са неоправдано високим вредностима пермеабилности и покретљивости песковите масе у недостатку притиска (симулираног лежишног притиска).

У табели 3.4. су наведени резултати филтрационих експеримената.

Таблица 3.4. - Резултати филтрационих експеримената

Физичко хемијска	Хемијска			Физичка	Метод	Технологије	Промена пермабилности										Суспендоване честице (KVČ), mg/l				
	Мешавина цемент и песка	Smola+GP	Смола + језгро				За воду, %					За петролеј, %									
							Узорак 1	Узорак 2	Узорак 3	Узорак 4	Просечна апсолутна вредност	Узорак 1	Узорак 2	Узорак 3	Узорак 4	Просечна апсолутна вредност	Узорак 1	Узорак 2	Узорак 3	Узорак 4	Просечна апсолутна
РЦП пропант	-23,29	-27,91	-12,45	-58,24	ГП Филтер		-12,1	-50,4	-49,4	-35,3	37	-3,11	-18,87	-1,5	-1,32	6	24	26	35,1	55	35
	-39,35	4,95	-4,63	-46																	
	-11,56	-19,35	-59,68	-57																	
	-25,77	-23,63	-1,75	-33,6																	
25		16	20	49																	
	-27,32	-21,43	-7,06	-11,93																	
	-34,22	9,79	-26,51	-59,18																	
	-5,53	13,73	-60,77	-30,49																	
	-0,58	-8,82	13,76	-47,46																	
17		2	20	37																	
406		259,9	23	85																	
176		159,9	43	29																	
117		69,9	24	0																	
155		6,6	38	48																	
214		124	32	41																	

Метод	Технологија	Обрада прибушотинске зоне	Метод	Метод паковања
Физичке	ГП 			
	Обрада прибушотинске зоне смоламе након што се изврши адекватно паковање песком одређене грануларације 		 	
Хемијске	Cementno-peščane smese 			
	Pakovanje depresije u pribuštinskoj zoni propantom nakon čega se vrši obrada smolom 			
Физичко-хемијске				

Слика 3.9. - Модели филтрационих средина за различите методе борбе са изношењем песка: 1 – слабо консолидовани слој; 2 – перфорациони канал; 3 – експлоатациона колона; 4 – цементни камен; 5 – метални филтер за фиксирање „Gravel Pack“ засипа; 6 – „Gravel

Pack“ засип; 7 – слабо консолидована стена учвршћена обрадом смолама; 8 – мешавина цемента и песка; 9 – термички обрађени РЦП пропант; 10 – „Gravel Pack“ засип учвршћен смолама

3.4. Анализа резултата експеримената

На сликама 3.10. – 3.14. резултати су изложени у графичком облику.

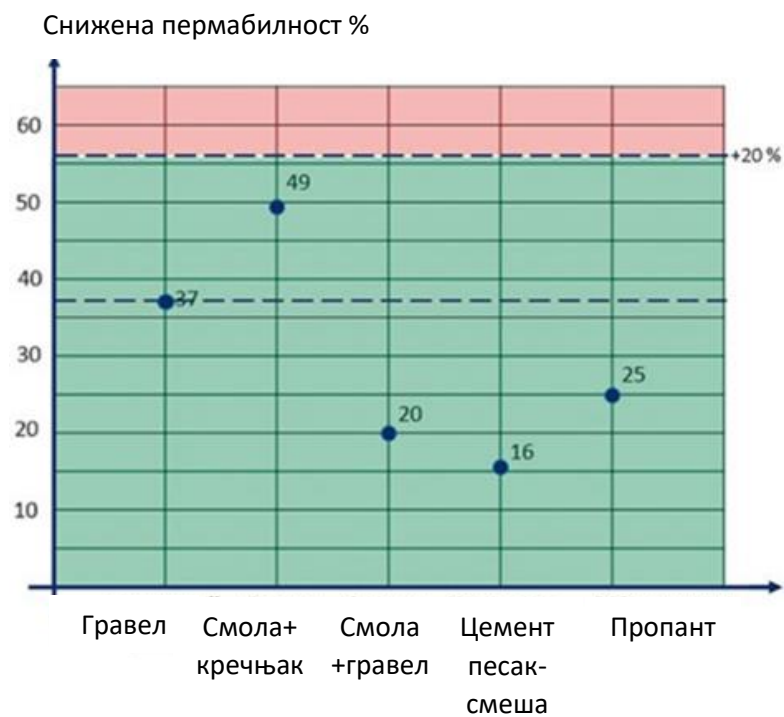
Према графичким зависностима (слике 3.10. и 3.11.) вршена је процена спремности технологија за фазу пробног тестирања. Резултати процене су наведени у табели 3.5.

Технологија учвршћивања прибушотинске зоне смолама прихваћена је као најоптималнија са становишта техничких захтева.

Одлучено је да се пређе на фазу пробног тестирања. Како би се смањили ризици, одабране су бушотине из неактивног фонда. Треба истаћи да је између осталог у обзир узето успешно искуство добављача технологије, потврђено њиховим досадашњим радом. Адхезија композиције на површину стене обезбеђује се претходним испирањем прибушотинске зоне органским растварачем, а очување пермеабилности – формирањем микроканала у међузрнском простору дуготрајним продувавањем азотом. Додатно су се у обзир узимали подаци, проверени у сопственој лабораторији, о хидрофобним својствима композиције предложене за пробно тестирање (слика 3.14). За друге две технологије је било одлучено да се извођење пробног тестирања одложи из разлога ниске чврстоће узорака. Генерално гледано, констатована је перспективност ових технологија и постављен задатак да се изврши њихова даља разрада.

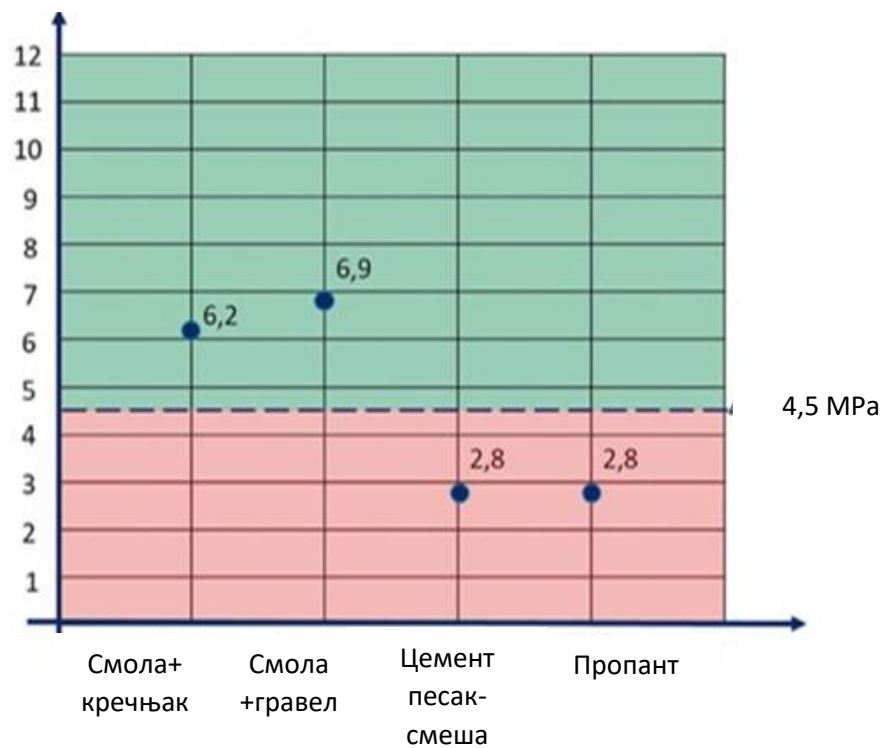
Табела 3.5. - Резултати процене спремности технологија за фазу пробног тестирања

Технологија	Смањена пермабилност		Суспендоване честице (КВЧ)	Чврстоћа филтера	Процена по извршеном разматрању резултата лабораторијских радова
	За воду	За петролеј			
Смола + језгро, смола + ГП	Норма	Норма	Норма	Норма	Усаглашено извођење пробног теста
Мешавина цемента и песка	Норма	Норма	Норма	Недовољно	Вратити се на разматрање оправданости пробног тестирања након додатне разраде
РЦП пропант	Норма	Норма	Норма	Недовољно	

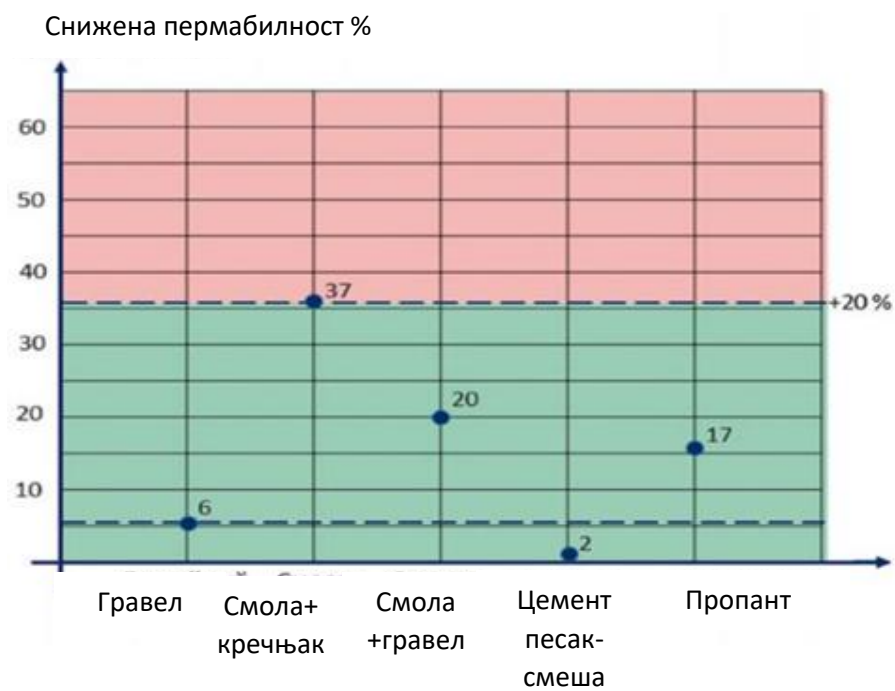


Слика 3.10. - Смањење пермеабилности за воду

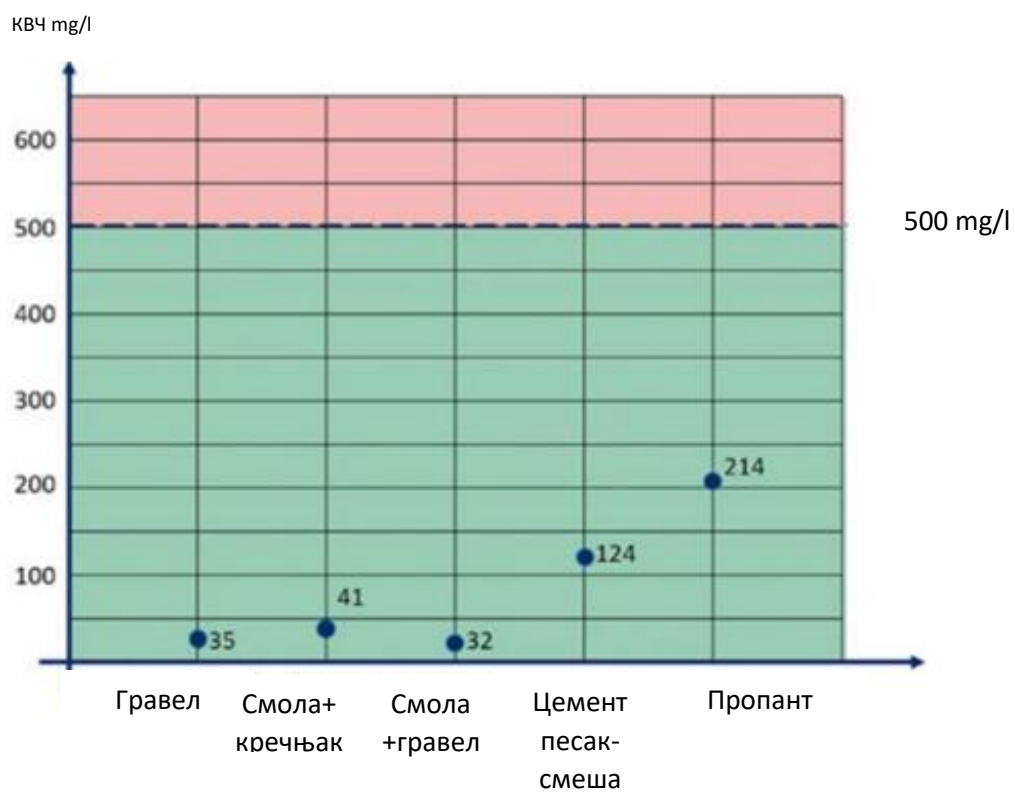
Сила деформације МПа



Слика 3.11. - Граница чврстоће узорака



Слика 3.12. - Смањење пермеабилности за петролеј



Слика 3.13. - Изношење суспендованих честица



Слика 3.14. - Фотографија пешчара обрађеног хемикалијом после извођења квалитативног експеримента у циљу провере хидрофобних својстава: лево – капљица воде, десно – трагови упијене капљице петролеја

Поред ниске чврстоће постоји низ питања, која захтевају додатно проучавање. Наиме, лабораторијски узорци у оквиру серије извршених експеримената формирани су при атмосферском притиску. За утискивање мешавине цемента и песка потребно је проучити пермеабилност бетонске масе приликом стврдњавања цемента у условима високог притиска у прибушотинској зони. Потребу за додатним проучавањем потврђује и опис различитих варијанти учвршћивања цементационим материјалом, које се користе за формирање цементног камена-филтера. За РЦП пропант ограничавајући фактор је потреба за извођењем хидрауличког фрактурирања малог обима, што често није примењиво у условима нафтних и гасних поља које се налазе у Србији, са малом дебљином продуктивних слојева (понекад и до 1 m).

3.5. Моделовање филтрационих процеса у прибушотинској зони слојева

Основни задатак експеримента јесте квалитативна процена порозних медијума, који су формирани хемијском обрадом пресованих модела од песка и пешчаног засипа, како би се утврдила њихова пермеабилност за флуиде који се производе и способност филтрације честица песка, као и поређење са пресованим моделом, који симулира пешчани филтер.

С обзиром на хитност решавања задатака које аутори имају пред собом, непостојање методолошких материјала у литератури и прикупљене статистике са резултатима сличних експеримената, у овој фази је одлучено да се код резултата прихвате одступања од $\pm 20\%$ као

мерна грешка експеримента. У сваком експерименту су анализирани такви параметри, као што су смањење пермеабилности у односу на базну и изношење механичких честица. За базну је узета пропусност код исте депресије, која је претходно утврђена на пресованом моделу од слабо консолидованог језгра, без механичких и хемијских елемената за задржавање песка и филтрацију флуида.

У складу са претходним описом приликом припреме пресованих модела су поред језгрованог материјала коришћени и специјално селектовани кварцни песак, металне плочице са прорезима, који одговарају зазорима у конструкцијама филтерских система са пешчаним засипом, затим хемијски реагенси, азот за продувавање и сушење образаца, као и термоскупљајућа фолија. Резултати лабораторијских испитивања су наведени у табели 3.6.

Табела 3.6. - Резултати филтрационих експеримената, којима су симулирани процеси у прибушотинској зони слоја применом различитих технологија контроле изношења песка

Број узорка	Физичка метода		Хемијска метода						
	Пешчани филтер		Песак консолидован хемикалијом			Пешчани засип консолидован хемикалијом			
	Смањење пермабилности		КВЧ, mg/l	Смањење пермабилности		КВЧ, mg/l	Смањење пермабилности		КВЧ, mg/l
	За воду, %	За керозин		За воду, %	За керозин		За воду, %	За керозин	
1	-12,1	-3,11	24	-58,24	-11,93	85	-12,45	-7,06	23
2	-50,4	-18,87	26	-46	-59,18	29	-4,63	-26,51	43
3	-49,4	-1,50	35,1	-57	-30,49	0	-59,68	-60,77	24
4	-35,3	-1,32	55	-33,6	-47,46	48	-1,75	13,76	38
У пресеку, апсолутна вредност	37	6	35	49	37	41	20	20	32

Као што се види са слике 3.3, за разлику од композиција за ремонтно-изолационе радове, третирање порозне средине хемијским реагенсима у циљу повећања механичке чврстоће не доводи до тоталног губитка пропусности. Полазећи од претпоставке да разлике у размерама пресованих модела и прибушотинске зоне слоја не пружају могућност да се прогнозирају апсолутна мерења пермеабилности у реалним бушотинским условима, донета је одлука да се апсолутна вредност смањења пермеабилности не издваја у својству кључног критеријума приликом поређења различитих технологија. Што се тиче концентрације количина суспендованих честица на излазу из пресованог модела, од 30...45 mg/l може да се сматра допустивим са технолошке тачке гледишта. На основу резултата лабораторијских радова донета је одлука да се одобри извођење теренских тестирања хемијске технологије на бази органосиликонских смола.

4. ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Детаљни закључци са описом резултата обрада 5 бушотина приказани су у табели 4.1.

Табела 4.1. - Резултати теренских тестирања хемијске методе контроле изношења песка

Број групе	Бушотине	Тип бушотине	Минералошки састав	Д50* mm	Достизање планиране дневне производње	Критично изношење песка	Успешност
1	буш. 1	Гасна	Ситнозрни песак	0,1580	Да	Н е	Да
2	буш. 2	Нафтна	Ситнозрни песак	0,2200	Да	Н е	Да
3	буш. 3	Гасна	Алевролит, песак	0,0600	Не	Д а	Не
4	буш. 4	Гасна	Алевролит, песак	0,0196	Не	Д а	Не
5	буш. 5	Нафтна	Песак, Лапорац	0,0525	Не	Д а	Не

Приликом анализе технолошке ефикасности обрада уочено је да је позитиван резултат остварен код бушотина, где је приликом анализе језгрованог материјала просечан пречник честица износио више од 0,1mm, док су се у бушотинама са $D_{50} < 0,1 \text{ mm}$ појавиле компликације у смислу одсуства дотока и/или изношења песка. Пошто су све обрађене бушотине припадале неактивном фонду, није било губитака повезаних са смањењем обима дневне производње. Додатно, треба истаћи да је кумулативна производња након пуштања у рад продукције са две успешне бушотине дала могућност да се исплате укупни трошкови теренских испитивања за 5 бушотина.

На бушотинама на којима су добијени позитивни резултати обраде бушотине органским смолама су успешно пуштене у производњу и имају континуирану производњу у трајању од 2 године, без појаве трагова слојног песка у току производње. На нафтној бушотини у том периоду су рађени текући ремонтни радова без било каквих проблема (одступања од програма, одступања од планираног времена трајања ремонтних радова). У току датих ремонтних радова извршене су провере дна и констатовано да нема талога у бушотини, алат на жици је извршио проверу дна и констатовано да је дно чисто а узимач узорка је био празан.

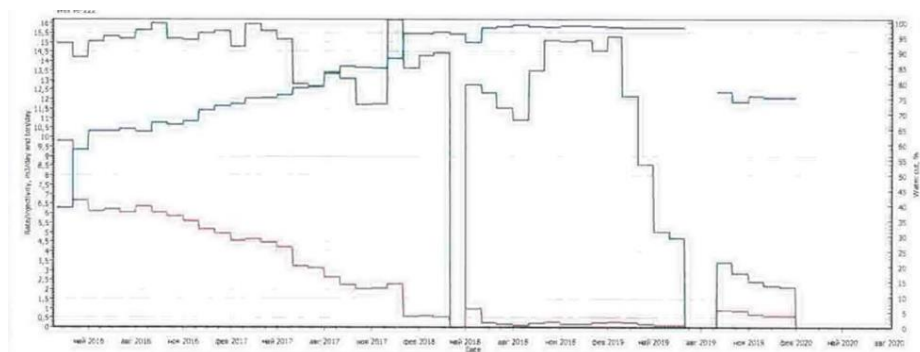
5. ИЗВЕШТАЈ ИЗВРШЕНОГ ПОЛИСКРЕПА СА ПРОБЛЕМАТИКАМА НА БУШОТИНИ X-200

5.1. Историјат

Разрадно косо усмерена бушотина X-200 избушена је 27.01.2016. године до коначне дубине МД-809,00 m (ТВД=760 m). Историјат и резултати испитивања приказани су у табlici 5.1. и дијаграму 5.1.

Табела 5.1. – Испитивани интервали у бушотини X-200

Итервал МД/ТВД м	Лежиште	Перфорирано	Мун./m	Резултати освајања	Изоловано	Статус интервала
787,00- 784,00 (740,40- 738,18)	Птл-1	24.02.16	20	Слој. Вода+нафта+гас	11.04.18	СЦП, дно по ЕК 787,30
786,00- 784,00 (739,92- 738,18)		14.04.18	20	Слој. Вода+нафта		
		29.07.19	20	Слој. Вода+тр. нафта+гас		Дно по ЕК 789,10м
		02.08.19	20	Слој. Вода+нафта		Дно по ЕК 787,50м



Слика 5.1. – Историја производње бушотине X-200

Извршени радова на бушотини X-200;

- У период од 22.02.2016. до 01.03.2016. извршени су ремонтни радови (НО1+ГП+УДП) – перфориран је интервал МД=787,00 – 784,00 m (ТВД=740,80 – 738,18 m). По извршеном освајању (клиповањем/еруптивним радом - $Q=11,5 \text{ m}^3$ $P_{tr}=28-11 \text{ bar}$ $P_{ks}=26-20 \text{ bar}$) и након уградње ГП-система (клиповањем/еруптивним радом - $Q=14,5 \text{ m}^3$, $P_{tr}=7 \text{ bar}$), уграђена је производна опрема (ДП) и бушотина је 09.03.2016. пуштена у производњу ($Q_{ф}=13.0 \text{ m}^3/\text{дан}$, $WC=35 \%$ т.ј. 7.2 t).

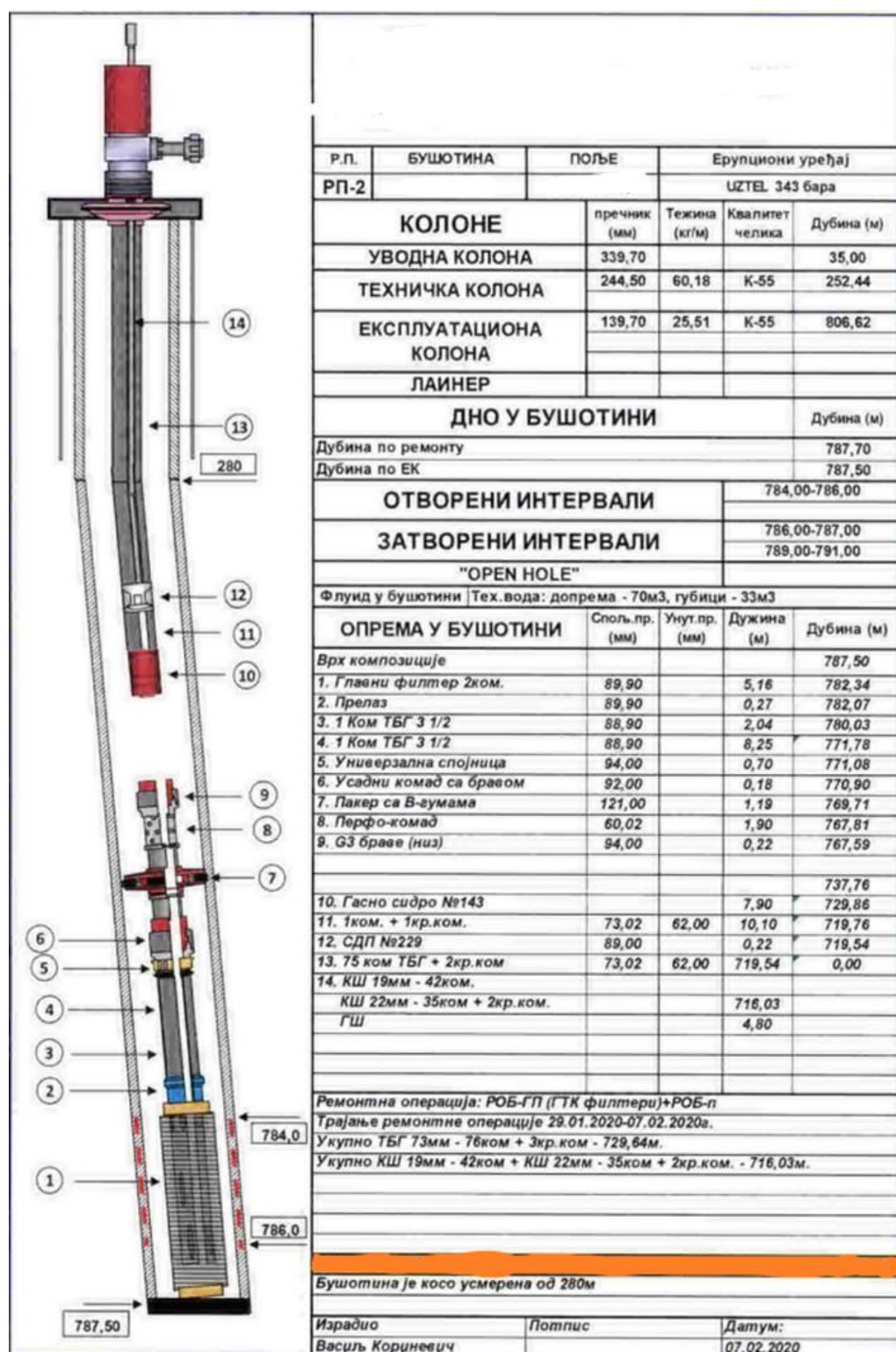
У циљу смањења процентуалног учешћа воде у произведеном флуиду (96 % укупне производње је чинила слојна вода). У периоду од 30.03.2018. - 17.04.2018. извршена је операција ремонтно—изолационих радова (ГФК(С/О+ПЛТ)+РИР+ДО+РОБ-ГП+РОБ-п). Након интерпретације Ц/О и ПЛ мерења (Production – login), а потом и изолације отвореног интервала цементацијом под притиском, операције РИР преко техничких отвора МД=792,00-790,00 m и обезбеђења дна на 787,30 m (по ЕК – електро каротажом). тј. 788,50 m (по ремонту), перфориран је интервал МД=786.00-784,00 m (ТВД=739,92-738,18 m). По завршеном освајању (губици 120 m^3 слојне воде $1,01 \text{ kg/dm}^3$) клиповањем и повременим еруптивним радом ($Q=14,6 \text{ m}^3$; $P_{tr}=1,5 - 2 \text{ bar}$; $P_{ks}=11 - 0 \text{ bar}$). У току освајања лабораторијском анализом констатована већа количина слојног песка због чега је извршена уградња ГП-система а потом производна опрема (слика 5.2.). Бушотина је пуштена у производњу 28.05.2018. са производњом од 12 тона/дан од чега је 92% чинила нафта). „Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине X-300“

У периоду до 2019. долази до повећања удела слојне воде у производни (достигнуто 98 %) из тог разлога одлучено је да се приступи стабилизацији заводњеног интервала, упумпавањем полимера (операција РИР). Извршена је изолација производног интервала МД=792,00-790,00 m и напуцан технички отвор 791,00 – 789,00 m. Упумпано је 60 m^3 полимера за изолацију водоносног дела интервала, након чега је извршено затварање техничког отвора цементацијом и перфориран интервал МД=786,00 – 784,00 m (ТВД=739,92 – 738,18 m). Пошто освајањем клиповањем нису добијени задовољавајући резултати (ниво у току клиповања је пао испод 250 m са тенденцијом даљег пада) извршена је хемијска обрада датог интервала. Резултати клиповањем су након хемијске обраде били задовољавајући, приступило се уградњи ГП-опреме. При засипу ГП-опреме је потрошено 1,5 t кварцног песка више него планирано (кварцни песак гранулометрије од 0,4 mm до 0,8

mm), због чега је одрађено снимање квалитета засипа као и освајања кроз ГП-опрему. Засип је задовољавао за пуштање у производњу али је ово потврдило да је дошло до депресије - каверне у пределу производног интервала (слика 2.4.). „Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-300“

У периоду експлоатације долази до повећања укупног удела слојне воде (достигао 85 %), у току експлоатације долази до повећања изношења слојног песка. Због ових проблема долазило је до отказивања дубинске пумпе. Поновно покретање пумпе се успешно постизало индиректном циркулацијом, уз једне извршене ремонтне радове где је урађена замена производне опреме. Бушотина је била у производњи до 19.08.2021. када долази до заглаве и не могућности успостављања циркулације. „Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-300“

Због великих проблема са слојним песком бушотина је узета као пилот за нову технологију “ПОЛИСКРЕП”



Слика 5.2. – Опрема у бушотини X-200

5.2. Задатак ремонтних радова

По програму потребно је извадити производну опрему и прочистити бушотину до дна 787,20 m (по ЕК 787,50 m. Колектор стене у интервалу од МД=786,00 – 784,00 m (ТВД=739,92 – 738,18 m) представљене су слабо везаним средњозрним до ситно зрним пешчарима и песком; садржај СаСО₂ је 30 % (средња вредност лежишта).

Извршити пробни пријем интервала (ППИ).

Уколико ППИ (пробни пријем интервала) буде незадовољавајући ($\leq 100 \text{ dm}^3/\text{min}$ при $P_{\text{max}}=50 \text{ bar}$), извршити хемијску обраду отвореног интервала (ХОБ) са 1 m^3 киселинског раствора при $P_{\text{max}}=50 \text{ bar}$, а затим, и операцију ОПИ (Полискреп С) - упумпавање потребних хемикалија и смоле по Програму радова Сервисне компаније.

У циљу дефинисања дотока флуида и фазних односа, освојити бушотину клиповањем (до 48 сати). Уколико се не констатује изношење формацијског материјала, бушотину опремити за примену механичке методе експлатације и пустити и период урежимљавања (УНР). У супротном, уколико се током освајања региструје слојни материјал, извршити ППИ за потребе израде ГП система. У колико ППИ буде незадовољавајућу (мањи од $400 \text{ dm}^3/\text{min}$ при $P=50 \text{ bar}$), извршити хемијску обраду отвореног интервала (ХОБ) са 1 m^3 киселинског раствора при $P_{\text{max}}=50 \text{ bar}$, а затим опремити бушотину ГП-системом (препоручена гранулација кварцног песка $D_g=0,4-0,8 \text{ mm}$). Извршити ГФК (геофизички каротаж) мерење нивоа и квалитета засипа. Освојити бушотину клиповањем кроз ГП-систем у циљу потврде функционалности и дотока кроз исти. Опремити бушотину за примену механичке методе експлоатације.

Очекивани лежишни притисак и температуре отвореног – односно интервала за реперфорацију (лежиште Пт1-2);

- МД=786,00 – 784,00 m (ТВД=739,92 – 738,18 m) – $P_1=66,3 \text{ bar}$; $T_1=67,0 \text{ }^\circ\text{C}$; фрактурациони градијент = $1,59 \text{ kg/dm}^3$.

Очекивана количина произведеног флуида након извршених ремонтних радова (узети подаци о производњи пре испадања из производње); $Q_f=12 \text{ m}^3 / \text{дан}$ са 80 % воде. „Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-300“

5.2.1. Проблематика у току извођења ремонта

Након извађене производне опреме извршено је вађење производне ГП-опреме (ПГПО), слика 5.3., вађење исте извршено модификованом Г-3 бравом прихватом на доњи део Г-3 браве и проверен прихвата над натегом од 5 t, покушано покретање филтерске конструкције без успеха. Извршено отпајање на „У“ спојници и контролни прихват и извађена композиција тубинга 2 7/8“ ЕУ са модификованом Г-3 бравом у кошуљици и производном ГП опремом (на извађеном пакеру са W гумама недостаје доња гума) слика 5.4.



Слика 5.2. – Пакер са W-гумама



Слика 5.4. – Пакер са оштећеним гумама

Због горе наведеног оштећења ушло се у инструментацију филтерске опреме, гуме од пакера које су остале у бушотини спречавају спуштање испирних цеви за регуларно вађење – покретање филтера.

У току инструментације извршени су следећи радова:

1. Спуштена је круна $\text{Ø}118\text{mm}$, шаблони $\text{Ø}114\text{ mm}$ $L=15,30\text{ m}$ и композиција тубинга 2 7/8“ ЕУ ради надбушивања филтера, са опремом се насело на 773,88 m по скици са слике 5.1. место наседања (универзална спојница) је требала да буде на 771,08 m. Овај податак је битан у току инструментације пошто постоји разлика од 2,80 m између тренутног ремонта и података из одлуке. Индиректном циркулацијом бушотине $P_c=20$ бар надбушена филтерска конструкција од 773,88 m до 785,15 m, $T_{\text{max}}=1100\text{ PSI}$ оптерећењем до 1 тоне. Губици током надбушивања 15 m^3 слојне воде. Извађена композиција тубинга 2 7/8“ ЕУ са $k_{\text{runom}}\text{ Ø}118\text{ mm}$ и шаблонима $\text{Ø}114\text{ mm}$ $L=15,30\text{ m}$.

2. Спущене испирне цеви дужине од 11,92 m са усадним комадом са бравом и композиција тубинга 2 7/8“ ЕУ. Извршен прихват на универзалној спојници на дубини од 773,88 m. Бушотина допуњена са 1,5 m³ слојне воде и уз директну циркулацију P_c=30 bar, над натегом до 20 t покушано покретање филтерске конструкције, без успеха. Губици у току радова 12 m³ слојне воде. Извађене композиција тубинга 2 7/8“ЕУ са испирним цевима и усадним комадом са бравом.
3. Спущен овершот Ø120,7 mm, 2 комада шипке леве 2 7/8“ ИФ, реверсинг алатом (Reverse Tool), кратки комад десне 2 7/8“ ИФ шипке и композицијом десних ИФ шипки 2 7/8“ до места наседања 773,09 m. Уз директну циркулацију спуштена композиција до 773,09 m. Уз оптерећење од 4 t, при задизању композиције добијен над натег од 8 t и при даљем задизању тонажа се враћа на првобитну тежину. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“, реверсинг алатом, 2 комада леве 2 7/8“ ИФ шипке и овершотом.
4. Спущен леви овершот са спиралом Ø93 mm, 2 комада шипки 2 7/8“ ИФ леве, реверсинг алатом и композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ до места наседања на 773,09 m. Оптерећењем до max 8 t извршен прихват на „У“ спојници. Задизањем композиције и над натегом до max 7 t овершот испусти место прихвата. Радови поновљени два пута, исто се манифестује. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“, 2 комада левих ИФ шипки 2 7/8“, са реверсинг алатом (Reverse Tool) и овершотом са спиралом Ø93 mm. На овершоту изнета универзална спојница (оштећење на универзалној спојници у горњем делу 30 cm).
5. Спущен десни овершот са корпом Ø73 mm, хидрауличким ударачем и композицијом ИФ шипки 2 7/8“ до места наседања на 773,79 m. Из више пута, уз директну циркулацију, оптерећењем од 2 t до 7 t покушано остварити прихват са заосталом филтерском конструкцијом, без успеха. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ са хидрауличним ударачем и овершотом са корпом Ø73 mm.
6. Спущен леви трн у кошуљици опсег прихвата Ø 45-71 mm, 2 комада ИФ шипки 2 7/8“ леве, реверсинг алатом (Reverse Tool) и композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ до места наседања на 773,79 m. Оптерећењем до 5 t и T_{max}-1300 PSI извршен прихват са заосталом филтерском конструкцијом. Над натегом од 5 t проверен прихват. Над натегом од 2 t и T_{max}=1300 PSI извршено отпајање. Извађена композиција десних ИФ шипки, реверсинг tool, 2 комада ИФ 2 7/8“ шипке леве и трн. Са трном изнето 1+

- 1 кратки комад производног тубинга 2 7/8“ НУ дужине 10,27 m са прелазом 2 7/8“ НУ на 3 1/2“.
7. Спуштен рак (алат за прихват), хидраулични ударац и композиција десних ИФ шипки 2 7/8“. Уз директну циркулацију P=50 бар, спуштена композиција од 783,08 m до 784,44 m. Извршен прихват са филтерском конструкцијом. Рад са хидрауличким ударцем. Над натегом од 25-50 t и растерећењем до 4 t, покушано са покретањем филтерске конструкције, без успеха. Уз помоћ хидрауличне ротационе главе отпојена композиција од заостале производне опреме. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“, хидраулични ударац и рак.
 8. Спуштен чеони фрезер и 5 комада тешких шипки 3 1/2“ на композицији десних ИФ шипки 2 7/8“. Индиректно исциркулисана бушотина са V=12 m³ слојне воде. Постављено V=2 m³ гела у предео интервала. Уз директну циркулацију P=50 бар, ротацију у десно T_{max} 0-1600 PSI, оптерећењем до 2,5 t исфрезована заостала филтерска конструкција од 784,32 m до 785,12 m, на излазу метални опиљци. Губици 6 m³ слојне воде. Директно исциркулисана бушотина са 16 m³ слојне воде до појаве чистог флуида на излазу, губици 2 m³ слојне воде. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ са 5 комада тешких шипки 3 1/2“ и чеоним фрезером.
 9. Спуштен рак, хидраулични ударац и композиција десних ИФ шипки 2 7/8“. Уз директну циркулацију P=50 бар, спуштена композиција до 785,12 m. Оптерећењем од 1t извршен прихват са преосталом филтерском конструкцијом. Над натегом од 38 t, уз рад хидрауличким ударцем покушано покретање заостале филтерске конструкције, без успеха. Отпојен рак од филтерске конструкције. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ са хидрауличким ударцем и раком.
 10. Спуштен чеони фрезер и 5 комада тешких шипки 3 1/2“ на композицији десних ИФ шипки 2 7/8“. Уз директну циркулацију P=50 бар, ротацију у десно T_{max}-1600 PSI и оптерећењем до 2,5 t исфрезована заостала филтерска конструкција од 785,12 m до 785,45 m, на излазу метални опиљци. Губици V=6 m³ слојне воде. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“, 5 комада тешких шипки 3 1/2“ и чеони фрезер.
 11. Спуштен оловни отисак на композицији десних ИФ шипки 2 7/8“. Уз директну циркулацију узет отисак на дубини 785,45 m, оптерећено са 5t. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“ са оловним отиском. На отиску правилан круг Ø88,9 mm.

12. Спущен пилот чеони фрезер Ø121 mm, централизер Ø119 mm, 5 комада тешких шипки 3 ½“ и композиција десних ИФ шипки 2 7/8“. Уз директну циркулацију P=50 bar, ротацију у десно Tmax-1400 PSI и оптерећењем од 2- 3 t исфрезована преостала филтерска конструкција од 785,45 m до 787,35 m. Индиректно исциркулисана бушотина са V=25 m³ слојне воде, на излазу метални опиљци.
13. Рад ЕК , урађена корелација. Дно по ЕК-а на 787,91 m, ЕК-а дубља за 0,56 m.
14. Извађена композиција десних ИФ шипки 2 7/8“, 5 тешких шипки 3 ½“ и пилот чеони фрезер Ø121 mm.

Због целокупне проблематике у току инструментације дошло је до продужетка ремонтних радова у трајању од укупно 8 дана, овакви примери нису учестали али када до њих дође долази до великих логистичких проблема као и повећање трошкова. Процентуално гледано у току вађења ГП опреме долази до лакших инструментација оквирно око 10 %, а овакве инструментације се догађају ређе. Под лакшим инструментацијама се подразумева један додатни маневар.

Након извршене санације вршено је освајање бушотине клиповањем у трајању од 12 сати, при чему је исклиповано 14,4 m³. Након тога је извршена провера дна и констатован је талог од 6,41 m.

5.2.2. Полискреп

Након извршене нормализације дна урађен је пробни пријем интервала, при P=32 бар добијен је Q=550 dm³/мин. Извађена је композиција са скрепером и спуштена композиција за утискивање хемије за полискреп.

Спуштена композиција позиционирана тако да је врх композиције на 787,67 m извршена активација операционог пакера (ЕА-пакер) тако да се исти налази на 782,54 m. Након извршеног испитивања херметичности целокупне композиције у бушотини као и на површини започети су радови на утискивању силикатне смоле.

Након извршених припрема започето са операцијом припреме супстанци за полискреп;

- Извршена припрема V= 1,4 m³ испирног пуфера ПолиРИР-НФАС, исти се утискује у прибушотинску зону ради прочишћавања исте, као би силиконска смола се боље везала са слојном формацијом

- Извршена припрема $V=1,25 \text{ m}^3$ силикатног полимера “Полискреп”

По завршеној припреми једињења за утискивање започето је утискивање у порцијама;

- Извршено утискивање азота, укупно 1500 kg при $P_u=70 \text{ bar}$ до 65 bar. Завршено упумпавање азота у трајању од 4 сата.
- Уз рад цементационог агрегата извршено је утискивање испирног пуфера ПолиРИР-НФАС ($V=1,2 \text{ m}^3$) при $P_u=40$ до 45 bar, настављено са утискивањем азота укупно 800 kg при $P_u=40 \text{ bar}$ до 45 bar.
- Након завршеног утискивања азота са агрегатом утиснуто $1,25 \text{ m}^3$ унапред припремљеног органско-силикатног полимера “Полискреп” и $0,2 \text{ m}^3$ испирног пуфера ПолиРИР-НФАС при $P_u=40$ до 60 bar.
- Настављено са утискивањем азота максималним капацитетом у трајању од 3 сата и утискивање азота минималним капацитетом у трајању од 12 сати. Након тога бушотина затворена у трајању од 12 сати. Након 3 сата утискивања утрошено 2500 kg азота при $P_u=100$ до 60 bar, а при утискивању азота са минималним капацитетом у трајању од 12 сати утрошено 4000 kg азота. „Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-300“

5.3. Резултати полискрепа

Након завршеног полискрепа извршено је освајање бушотине у трајању од 48 сата при чему је добијено $57,6 \text{ m}^3$ флуида. По завршеном освајању проверено је дно и констатовано да у току освајања није дошло до пескарења из прибушотинске зоне.

Донета је одлука да је полискреп био успешан и да се уђе у опремање бушотине механичком методом експлатације без уградње ГП.

Узорци који су узимани са бушотине након опремања са дубинском пумпом нису забележиле механичке примесе. Бушотина је у експлатацији 964 дана и није још дошло до потребе за ремонтним радовима.

Закључак

Према резултатима изведених радова, израда новог приступа упоредном тестирању различитих технологија контроле изношења песка је проглашена перспективном. Компарација нове технологије са тренутним нивоом технике, обавезно лабораторијско моделовање филтрационих процеса и поређење добијених података са претходним резултатима уз истовремено паралелно повећање прецизности експеримената, требало би да у будућности омогуће значајно проширивање арсенала ефикасних технологија за различите искоришћености бушотина и подигну успешност тестирања на терену.

Метода обраде бушотина органским смолама је показала велики потенцијал и поред тога што је дата технологија нова метода и потребно је додатно обучавање запослених у извођењу и припремама ове технике. Посебна пажња се треба обратити на лабораторијска испитивања како би се у будућности вршили прецизнији избори кандидата за примену ове технологије, чиме би се постигло већи проценат успешних операција.

Увођењем ове методе могуће је смањити број бушотина опремљених механичком методом – “ТП” из чега ће произаћи смањење трајања ремонтних радова као и сам број изведених радова довешће до веће континуиране производње.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишо Солеша, Стеван Малогајски: Ремонти и стимулативни радови у нафтним и гасним бушотинама, Београд, 2000
2. А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Й. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) - 2020
3. Matanović D., Čikeš M., Moslavac B. Sand Control in Well Construction and Operation. – Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
4. Oyeneyin B. Sand Control Completion Strategy // Developments in Petroleum Science. – 2015.
5. Oyeneyin B. Fundamental Principles of Management of Reservoirs with Sanding Problems // Developments in Petroleum Science. – 2015.
6. Bai Y., Bai Q. Subsea Engineering Handbook. Ch. 18 Erosion and Sand Management. – 2010.
7. Bellarby J. Well Completion Design, Ch. 3. Sand Control. – Elsevier, 2009.
8. Halliburton, Sand Control Services. PetroGuard® Openhole Shunt System Ensures Gravel-Pack Success for TOTAL's Four- Well Bat-sh Completion. – 2020. – URL: <https://www.halliburton.com/en-US/ps/stimulation/sand-control/default.html#>
9. Weatherford, Sand Control, Maximize sand-free production and reduce your overall well cost. MazeFlo™ Self-Mitigating Sand-Control Screen. – URL: <https://www.weatherford.com/en/products-and-services/completions/sand-control/>
10. Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и технические средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень - 2010
11. Тананыхин Д.С. Экологические аспекты разработки месторождений нефти и газа в слабосцементированных коллекторах // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012.
12. Комплексная защита скважинного оборудования при пескопроявлении в ООО "РН–Пурнефтегаз" / А.Г. Михайлов, В.А. Волгин, Р.А. Ягудин [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2010.

13. Institute for standardization of Serbia. SRPS CEN ISO/TS 17892-7:2011. Геотехничко истраживање и испитивање – Лабораторијско испитивање тла – Део 7: Испитивање једнооксијалне чврстоће при притиску на ситнозрно тело
14. Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине X-300

Попис слика и дијаграма:

1. Слика 1.1. – Усадни комад за унакрсну циркулацију - Мишо Солеша, Стеван Малогајски: Ремонти и стимулативни радови у нафтним и гасним бушотинама, Београд, 2000
2. Слика 1.3. – Опрема за ГП-операцију - Мишо Солеша, Стеван Малогајски: Ремонти и стимулативни радови у нафтним и гасним бушотинама, Београд, 2000
3. Табела 2.1. - Критеријуми за процену ефикасности технологија контроле изношења песка - Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и техничке средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень - 2010
4. Слика 2.1. - Зависност брзине филтрације флуида од радијуса прибушотинске зоне слоја у цилиндричном моделу - Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и техничке средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень – 2010
5. Слика 2.2. Шематско поређење хемијске технологије борбе против изношења песка и физичке технологије „Gravel Pack“ - Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и техничке средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень – 2010
6. Слика 2.3. - Колматација прибушотинске зоне код радијалног тока - Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и техничке средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень – 2010
7. Слика 2.4. - Компликације приликом обраде бушотине хемијским реагенсима за борбу против песка уколико постоје каверне - Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и техничке средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень – 2010
8. Слика 3.1. - Филтрациони процеси у прибушотинској зони слоја приликом примене механичке и хемијске методе борбе против изношења - А.А. Кильмамамов, Н.П.

- Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
9. Табела 3.1. - Конструкција пресованих модела за лабораторијска испитивања - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
10. Слика 3.2. - Скице пресованих модела за симулирање процеса који се одвијају у прибушотинској зони слоја - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
11. Табела 3.2. - Груписање узорака према масеном садржају честица различитих димензија - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
12. Слика 3.3. - Упоредна процена механичке и хемијске методе контроле изношења песка - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
13. Слика 3.4. - Калупи за пресовање цилиндричних узорака – А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
14. Слика 3.5. - Принципијелна шема филтрационог уређаја – А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Џ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
15. Слика 3.6. Графикони силе приликом испитивања чврстоће узорака језгра, обрађених помоћу различитих технологија – А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович,

- К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
16. Слика 3.7. - Фотографије узорака после извршених експеримената ломљења – А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
17. Слика 3.8. - Изглед узорака за филтрациона испитивања – А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
18. Таблица 3.4. - Резултати филтрационих експеримената – А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
19. Слика 3.9. - Модели филтрационих средина за различите методе борбе са изношењем песка – А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
20. Табела 3.5. - Резултати процене спремности технологија за фазу пробног тестирања - А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
21. Слика 3.10. - Смањење пермеабилности за воду - Упоредна процена механичке и хемијске методе контроле изношења песка - А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
22. Слика 3.11. - Граница чврстоће узорака- Упоредна процена механичке и хемијске методе контроле изношења песка - А.А. Кильмамаатов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Љ. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К

ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)

23. Слика 3.12. - Смањење пермеабилности за петролеј - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
24. Слика 3.13. - Изношење суспендованих честица - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
25. Слика 3.14. - Фотографија пешчара обрађеног хемикалијом после извођења квалитативног експеримента у циљу провере хидрофобних својстава - А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
26. Табела 3.6. - Резултати филтрационих експеримената, којима су симулирани процеси у прибушотинској зони слоја применом различитих технологија контроле изношења песка – А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
27. Табела 4.1. - Резултати теренских тестирања хемијске методе контроле изношења песка – А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Ї. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ)
28. Табела 5.1. – Испитивани интервали у бушотино Х-200 – Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-200
29. Слика 5.1. – Испитивани интервали у бушотини Х-200– Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-200
30. Слика 5.2. – Опрема у бушотини Х-200 - Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине Х-200

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Владан (Бора) Трајковић, рођен је 02.08.1983. године у Смедереву, Република Србија. Средњу школу Железничка техничка школа завршио је у Београду 2002. године. У периоду од 2002-2005. године похађао је Вишу Железничку школу, Универзитета у Београду након чега је у периоду од 2006-2016 похађао Рударско - геолошки факултет, Универзитета у Београду где је стекао звање дипломираног инжењера рударства (240 ECTS), са просјечном оцјеном 7,11. У октобру 2022. године уписао други циклус студија на Рударском факултету у Приједору, Универзитета у Бањој Луци. Тренутна просечна оцена на мастер студију је 8,89.

Од октобра 2019. године запослен је у Нафној индустрији Србије, са седиштем у Новом Саду, као супервизор на ремонтним радовима. Бави се праћењу ремонтних радова и безбедности на раду.

Презиме, очево име, име: Трајковић Бора Владан

Студијски програм :Рударско и геолошко инжењерство, смјер:Експлатација нафте и гаса.

ПРИЈАВА ТЕМЕ ЗА ИЗРАДУ ЗАВРШНОГ РАДА НА МАСТЕР СТУДИЈУ

Пошто сам испунио/ла услове предвиђене Правилима студирања на I и II циклусу студија

Универзитета у Бањој Луци и Правилником о завршним радовима студената на II циклусу

студија Рударског факултета Универзитета у Бањој Луци пријављујем тему завршног рада

под насловом:

АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ КОНТРОЛЕ ПОЈАВЕ ПЕСКА У БУШОТИНАМА

Код наставника-ментора _ доц. др Мирослав Црногорац

Потпис ментора којим потврђује сагласност на менторство и предложену тему:_____

Потпис кандидата:

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ЗАВРШНОГ РАДА НА II ЦИКЛУСУ:

1. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ПРЕДЛОЖЕНЕ ТЕМЕ

Обрада проблема изношења песка из слабо консолидованих колектора, узимајући у обзир да тренутно око 40% бушотина у Србији имају овај проблем. Приказ тренутних метода за решавања овог проблема као и обрада нових метода. Обрађује се процес јачања карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде и очувања пермеабилности, што је кључни критеријум за постизање успешног третмана. У циљу првобитне провере композиције извршено је тестирање ломљења узорка пешчара узетих са датих поља, који је обрађен одговарајућим хемикалијама, на којима се даље вршила лабораторијска истраживања. Поред лабораторијског истраживања обрађује се и тестирање на терену, избором најбољих кандидата.

Извршен је избор 3 бушотине на различитим експлоатационим пољима, са детаљним освртом на једну бушотину. На примеру одрађених радова приказаће се целокупна проблематика као и резултати имплементације нових метода на датој бушотини.

2. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Разрада новог системског приступа формирању листе ефикасних технологија контроле изношења песка, полазећи од услова конкретног поља. Обухватајући етапе анализе постојећег нивоа развоја технике и вршења упоредних лабораторијских испитивања, постављајући основу за рангирање решења према ефикасности, узимајући у обзир статистику резултата до којих се дошло у лабораторији и на бушотини. Проналажење адекватног хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја у лабораторијским условима. Јачање карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде што је кључни критеријум за постизање успешног третмана. Основни задатак експерименталног дела јесте квалитативна процена порозних медијума, који су формирани хемијском обрадом узорака од песка и пешчаног засипа, како би се утврдила њихова пермеабилност за флуиде који се производе и способност филтрације честица песка, као и поређење са различитим узорцима, који симулирају пешчани филтер који се користи у механичкој методи опремања.

У сваком експерименту су анализирани такви параметри, као што су смањење пермеабилности у односу на основну и изношење механичких честица. Узета пропусност код исте депресије, која је претходно утврђена на узорцима од слабо консолидованог језгра, без механичких и хемијских елемената за задржавање песка и филтрацију флуида.

3. РАДНА ХИПОТЕЗА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

Циљ израде модела на примеру нафтног лежишта XX јесте проналажење што оптималније односно рентабилније дуговечне експлатације нафте, са продужетком међурементног периода.

С обзиром на искуство у примени филтерских система са пешчаним засипом стеченог на нивоу компаније, узимајући гранулометријски састав стенских формација у прибушотинској зони бушотина са отежаним условима експлоатације има врло широк спектар. Главни разлог који условљава такав распон јесте постојање

великих разлика у садржају песка, алеврита и глина. Из тог разлога се стенске формације најпре групишу према садржају фракција, да би експериментом били обухваћени разне стенске формације. Један од примарних циљева јесте гранулометријска анализа узорака језгрованог материјала са датих поља која омогућава класификацију и дозвољава даље унапређење као и практичну примену.

4. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања у овом раду јесте структурирање битних параметара који одређују основне за увођење нових технологија у процес експлатације нафте и гаса. Проналажење адекватног хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја у лабораторијским условима. Јачање карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде што је кључни критеријум за постизање успешног третмана. Приказано је тестирање ломљења узорка пешчара узетих са датих поља, који је обрађен достављеном хемикалијом. Планирање експеримената се врши полазећи од потребе како максимално приближити услове филтрације прибушотинској зони слоја. За испитивање способности филтрирања честица неконсолидованог слоја и пропуштања производног флуида су приказане скицама вишеслојних пресованих модела, описаних кроз таблице.

5. МЕТОДЕ РАДА

Завршни рад се бави обрадом наведене проблематике узимајући у обзир лабораторијска истраживања као и резултате на терену, иста у овом раду биће приказана кроз пример једне бушотине X-200 на којој је промењена метода. Рад ће се осврнути и на саму проблематику везану за тренутно имплементиране методе кроз пример бушотине X-200.

Према резултатима изведених радова, израда новог приступа упоредном тестирању различитих технологија контроле изношења песка и осврт перспективност. Метода обраде бушотина органским смолама је показала велики потенцијал и поред тога што је дата технологија нова метода и потребно је додатно обучавање запослених у извођењу и припреме ове технике. Посебна осврт на лабораторијска испитивања како би се у будућности вршили прецизнији избори кандидата за примену ове технологије, чиме би се постигло већи проценат успешних операција.

Увођењем нових метода могуће је смањити број бушотина опремљених механичком

методом – “ГП” из чега ће произаћи смањење трајања ремонтних радова као и сам број изведених радова, довешће до веће континуиране производње.

Важнији концепти, који одређују опсег овог рада, се могу представити као:

- Опремање бушотина са механичком методом ради заустављања дотока слојног песка из прибушотинске зоне
- Анализа нових метода избор најбољег решења
- Лабораторијска истраживања на основу којих се бирају најбољи кандидати за имплементацију
- Имплементација на терену са освртом на проблематику везану за механичко опремање „ГП-ом“
- Анализа крајних резултата

6. САДРЖАЈ РАДА

Увод

1. КОНТРОЛА ПЕШЋАНЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ ГРАВЕЛ ПАКОМ

1.1. Одређивање састава ГП опреме

1.2. Извођење засипа производне ГП опреме гравелом

1.3. Проблематика

2. ЦИЉЕВИ УВОЂЕЊА АЛТЕРНАТИВНИХ МЕТОДА

2.1. Избор алтернативне технологије

3. МЕТОДА ИСТРАЖИВАЊА И ТЕСТИРАЊА ХЕМИЈСКИХ РЕАГЕНСА

3.1. Проналажење хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја

3.2. Разрада методологије експеримента

3.3. Избор језгрованог материјала за формирање пресованих модела стена

3.3.1. Припрема за експерименте - Израда узорака

3.3.2. Тестирање механичких својстава филтрационих средина

3.3.3. Филтрациона испитивања

3.5. Моделовање филтрационих процеса у прибушотинској зони слојева

4. ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ

5. ИЗВЕШТАЈ ИЗВРШЕНОГ ПОЛИСКРЕМА СА ПРОБЛЕМАТИКАМА НА БУШОТИНИ X-200

5.1. Историјат

5.2. Задатак ремонтних радова

5.2.1. Проблематика у току извођења ремонта

5.3. Резултати полискрепа

Закључак

Литература

7. ПОПИС ОСНОВНЕ ЛИТЕРАТУРЕ

1. Мишо Солеша, Стеван Малогајски: Ремонти и стимулативни радови у нафтним и гасним бушотинама, Београд, 2000
2. А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Й. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) – 2020
3. Matanović D., Čikeš M., Moslavac B. Sand Control in Well Construction and Operation. – Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
4. Oyeneyin B. Sand Control Completion Strategy // Develop- ments in Petroleum Science. – 2015.
5. Oyeneyin B. Fundamental Principles of Management of Reservoirs with Sanding Problems // Developments in Petroleum Science. – 2015.
6. Bai Y., Bai Q. Subsea Engineering Handbook. Ch. 18 Erosion and Sand Management. – 2010.
7. Bellarby J. Well Completion Design, Ch. 3. Sand Control. – Elsevier, 2009.
8. Halliburton, Sand Control Services. PetroGuard® Openhole Shunt System Ensures Gravel- Pack Success for TOTAL's Four- Well Bat-sh Completion. – 2020. – URL: <https://www.hallibur- ton.com/en-US/ps/stimulation/sand-control/default.html#>
9. Weatherford, Sand Control, Maximize sand-free production and reduce your overall well cost. MazeFlo™ Self-Mitigating Sand-Control Screen. – URL: <https://www.weatherford.com/en/ products-and-services/completions/sand-control/>
10. Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и технические средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень - 2010
11. Тананыхин Д.С. Экологические аспекты разработки месторождений нефти и газа в слабосцементированных коллекторах // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012.

12. Комплексная защита скважинного оборудования при пескопроявлении в ООО "РН–Пурнефтегаз" / А.Г. Михайлов, В.А. Волгин, Р.А. Ягудин [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2010.
13. Institute for standardization of Serbia. SRPS CEN ISO/TS 17892-7:2011. Геотехничко истраживање и испитивање – Лабораторијско испитивање тла – Део 7: Испитивање једнооксијалне чврстоће при притиску на ситнозрно тело
14. Упрощени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине X-300

Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је

Мастер рад

Наслов рада „АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ КОНТРОЛЕ ПОЈАВЕ ПЕСКА У БУШОТИНАМА“

Наслов рада на енглеском језику „ALTERNATIVE TECHNOLOGIES TO CONTROL THE APPEARANCE OF SAND IN THE WELL“

- ☐ резултат сопственог истраживачког рада,
- ☐ да мастер/магистарски рад, у цјелини или у дијеловима, није био предложен за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- ☐ да су резултати коректно наведени и
- ☐ да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци _____

Потпис кандидата

Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Рударски факултет у Приједору, Универзитета у Бањој Луци да мастер рад учини јавно доступним да мој мастер/магистарски рад, под насловом

АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ КОНТРОЛЕ ПОЈАВЕ ПЕСКА У БУШОТИНАМА

који је моје ауторско дјело, учини јавно доступним.

Мастер рад са свим прилозима предао сам у електронском формату, погодном за трајно архивирање.

Мој мастер рад, похрањен у дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци _____

Потпис кандидата

Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије мастер рада

Име и презиме аутора Владан Трајковић

Наслов рада Алтернативне технологије контроле појаве песка у бушотини

Ментор проф.др Мирослав Црногорац

Изјављујем да је штампана верзија мог мастер рада идентична електронској верзији коју сам предао за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци _____

Потпис кандидата

ИЗВЈЕШТАЈ КОМИСИЈЕ О ОЦЈЕНИ УРАЂЕНОГ МАСТЕР (ЗАВРШНОГ) РАДА

ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Научно-наставно вијеће Рударског факултета је на 126. сједници донијело Одлуку број 21/3.501/24 од 19.06.2024. године којом је именована Комисија за преглед и оцјену урађеног масер рада кандидата Трајковић Владана, у саставу:

1. др Дражана Тошић, ванредни професор, ужа научна област Подземна експлоатација минералних сировина, Универзитет у Бањој Луци – Рударски факултет Приједор, предсједник комисије
2. др Мирослав Црногорац, доцент, ужа научна област Инжењерство нафте и гаса, Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, ментор
3. др Љиљана Танкосић, доцент, ужа научна област Припрема минералних сировина, Универзитет у Бањој Луци – Рударски факултет Приједор, члан комисије

УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ МАСТЕР РАДА

- Рад се састоји од 57 страна, од тога 11 табеле и 25 слике.
- 14 литературних извора.
- Рад се састоји из 8 дијелова: 1. Увод, 2. Контрола пешчане манифестације „GRAVEL PACK-ом“ 3. Циљеви увођења алтернативних метода, 4. Метода истраживања и тестирања хемијских реаганса 5. Добијени резултати 6. Извештај извршеног полискрепа са проблематикама на бушотини X-200, 7. Закључак 8. Литература.

УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ (ТЕОРИЈСКИ ДИО)

- Обрада проблема изношења пјеска из слабо консолидованих колектора, узимајући у обзир да тренутно око 40% бушотина у Србији имају овај проблем. Приказ тренутних метода за рјешавање овог проблема као и обрада нових метода. Обрађује се процес јачања карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде и очувања пермеабилности, што је кључни критеријум за постизање успјешног третмана. Посебан осврт на лабораторијска испитивања ради постизања већег процента успјешности ове операције. Обрада наведеног проблема узимајући у обзир лабораторијска истраживања као и резултате на терену, иста у овом раду су приказана кроз примјер једне бушотине X-200 на којој је промијењена метода. Кроз саме проблеме и на имплементиране методе кроз

примјер бушотине X-200 приказани су и проблеми који се јављају при коришћењу тренутних метода „GRAVEL PACK-a“.

- Разрада новог системског приступа формирању листе ефикасних технологија контроле изношења пјеска, полазећи од услова конкретног поља. Обухватајући етапе анализе постојећег нивоа развоја технике и вршења упоредних лабораторијских испитивања, постављајући основу за рангирање рјешења према ефикасности, узимајући у обзир статистику резултата до којих се дошло у лабораторији и на бушотини. Проналажење адекватног хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја у лабораторијским условима. Јачање карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде што је кључни критеријум за постизање успјешног третмана. Основни задатак експерименталног дијела јесте квалитативна процјена порозних медијума, који су формирани хемијском обрадом узорака од пјеска и пјешчаног засипа, како би се утврдила њихова пермеабилност за флуиде који се производе и способност филтрације честица пјеска, као и поређење са различитих узорака, који симулирају пјешчани филтер који се користи у механичкој методи опремања.
- Преглед литературе:
 1. Мишо Солеша, Стеван Малогајски: Ремонти и стимулативни радови у нафтним и гасним бушотинама, Београд, 2000
 2. А.А. Кильмаматов, Н.П. Шумар, М.М. Трипкович, К.Й. Деменеску, Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПЫТАНИЯМ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ (СЕРБИЯ) - 2020
 3. Matanović D., Čikeš M., Moslavac B. Sand Control in Well Construction and Operation. –Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
 4. Oyenevin B. Sand Control Completion Strategy // Develop- ments in Petroleum Science. – 2015.
 5. Oyenevin B. Fundamental Principles of Management of Reservoirs with Sanding Problems // Developments in Petroleum Science. – 2015.
 6. Bai Y., Bai Q. Subsea Engineering Handbook. Ch. 18 Erosion and Sand Management. – 2010.
 7. Bellarby J. Well Completion Design, Ch. 3. Sand Control. – Elsevier, 2009.
 8. Halliburton, Sand Control Services. PetroGuard® Openhole Shunt System Ensures Gravel Pack Success for TOTAL's Four- Well Bat-sh Completion. – 2020. – URL: <https://www.halliburton.com/en-US/ps/stimulation/sand-control/default.html#>
 9. Weatherford, Sand Control, Maximize sand-free production and reduce your overall well cost. MazeFlo™ Self-Mitigating Sand-Control Screen. – URL: <https://www.weatherford.com/en/products-and-services/completions/sand-control/>
 10. Аксенова Н.А., Овчинников В.П., Анашкина А.Е. Технология и технические средства заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: монография. – Тюмень – 2010
 11. Тананыхин Д.С. Экологические аспекты разработки месторождений нефти и газа в слабосцементированных коллекторах // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2012.

12. Комплексная защита скважинного оборудования при пескопроявлении в ООО "РН–Пурнефтегаз" / А.Г. Михайлов, В.А. Волгин, Р.А. Ягудин [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2010.
13. Institute for standardization of Serbia. SRPS CEN ISO/TS 17892-7:2011. Геотехничко истраживање и испитивање – Лабораторијско испитивање тла – Део 7: Испитивање једнооксијалне чврстоће при притиску на ситнозрно тело
14. Упрошћени рударски пројекат за опремање и испитивање бушотине X-300

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

- Анализа постојећих метода сузбијања појаве пјеска у циљу утврђивања мана и примјенљивости у конкретним условима рада;
- Сагледавање различитих техника и технологија сузбијања појаве пјеска у каналу бушотине;
- • Употреба савремених база података и електронских ресурса за приступ широком спектру литературе и научних радова у области експлоатације нафте и гаса.
-

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Циљ истраживања у овом раду јесте структурирање битних параметара који представљају основу за увођење нових технологија у процес експлоатације нафте и гаса. Проналажење адекватног хемијског реагенса за учвршћивање прибушотинске зоне слоја у лабораторијским условима. Јачање карактеристика чврстоће стенске формације након хемијске обраде што је кључни критеријум за постизање успјешног третмана. Приказано је тестирање ломљења узорка пјешчара узетих са датих поља, који је обрађен достављеном хемикалијом. Планирање експеримената се врши полазећи од потребе како максимално приближити услове филтрације прибушотинској зони слоја. За испитивање способности филтрирања честица неконсолидованог слоја и пропуштања произведеног флуида су приказане скицама вишеслојних пресованих модела, описаних кроз табелице.

ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

- Урађени завршни рад II циклуса студија студента Владана Трајковића, дипломираног инжењера рударства, под називом: АЛТЕРНАТИВНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ КОНТРОЛЕ ПОЈАВЕ ПЕСКА У БУШОТИНАМА, одговара прихваћеној теми и завршни рад је урађен у складу са образложењем које је дато у пријави рада.
 - Напријед предочена анализа рада кандидата Валадан Трајковића, дипломираног инжењера рударства, потврђује да су сви захтјевани критеријуми испуњени.
 - Комисија је мишљења да кандидат влада тематиком и проблематиком рада као и методологијом научно- истраживачког рада што је и доказао систематичном и свеобухватном анализом проблема приликом израде завршног рада.
- На основу наведеног Комисија сматра да урађени завршни рад представља значајан допринос у стручно - научној анализи техника и технологија које се

користе при експлатацији нафте и гаса са главним освртом на смањење ремонтних радова на бушотинама.

- Комисија једногласно предлаже Научно- наставном вијећу Рударског факултета Приједор, Универзитета у Бањој Луци да прихвати овај извјештај и кандидату одобри усмену одбрану завршног рада II циклуса студија.

Приједор, 04.09.2024. године

КОМИСИЈА:

1.) _____

Проф. др Дражана Тошић - пресједник

2.) _____

Доц. др Мирослав Црногорац - ментор

3.) _____

Доц. др Љиљана Танкосић - члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ

- Члан Комисије који не жели да потпише Извјештај дужан је да наведе разлоге свог неслагања.