الزکات العلم نشرهُ

Sharif University of Technology
SPE Student Chapter

روش های ازدیاد برداشت

نام استاد: دکتر بهنام صدایی سولا

نام دانشگاه: دانشگاه تهران

گردآورنده: یوسف حق شناس (Uvhf098@gmail.com)

Website: www.SharifSPE.ir   Telegram: t.me/SharifSPE

این جزوه در شاخه دانشجویی انجمن بین المللی مهندسان نفت دانشگاه صنعتی شریف به صورت رایگان منتشر شده و هرگونه کپی برداری بدون ذکر منبع (سایت و کانال انجمن) پیگرد قانونی دارد!

Subject:
Year: Month: Date:

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

بنام خدا

Enhanced oil Recovery ⇐ EOR

تعداد پروژه ها زیاد است.

دکتر صدایی

میان ترم ندارد

پایان ترم 95.10.28

Refrence ⇒

اصلی Enhanced oil Recovery Green D. willhite

SPE pub. 1998

بیشتر ⇒ EOR Lateill Gulf 1980 خلاصه

فصلی کامل Fundumentu of EOR. Pollen. H.K - Penn-well

water flooding willhite. P SPE فقط واترفلودینگ

EOR Lake. L. w - prentice Hell

Subject:
Year: Month: Date:

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

7/5 نمره

یک روش EOR انتخاب شده ⇐ project one

و از 2010 به بعد ببینیم چه کارهایی انجام شده. (همه مقالات.

10-20 صفحه گزارش – و ارائه‌ی کلاسی – یک هفته قبل

توضیح به استاد. کارگروهی 2 نفره.

نکته: گروه روش را اعلام کرده و از استاد تأیید می‌گیریم.

⇐ Road map in Different Companies / countries

15/ نمره

project two ⇐

نقشه راه در EOR در فلان شرکت چگونه بوده

باید وارد اسناد و مدارک شرکت بشویم و ببینیم چگونه این شرکت در این

روش تبحر پیدا کرده. (ایران و شرکت‌های ایرانی ندارند)

پروژه سوم ⇐ دلبخواهی (موضوعش با ما)

چه پروژه مخزن با EOR های مشابه ⇐ مخزن شماره A
با عملکرد سال. RF و موفقیت.

PASHA

دلیل ازدیاد برداشت و اهمیت آن

انرژی امروزه

<= سوخت فسیلی 85.5 %

هسته‌ای و غیره. 14.5

فسیلی   غیره

پیش بینی تا 2025 ↓ 87 % و 13

منبع

US Energy information Admisitration

اهداف ازدیاد برداشت

45 درصد نفت مخازن ترک شده را باز تولید کنند.

تقسیم بندی مخازن براساس عمق.

Shalow 34 %
interme 45 %
Deep 21 %

تا به حال 4% نفت تولیدی از EOR است و عمدتاً مخازن خشکی

tar Sand	مخازن سنگین	مخازن سبک
100% OIP by EOR	اولیه 5%	اولیه 25% OIP
	ثانویه 5	ثانویه 30%
	EOR 90	EOR 45

Secondary یا تولید ثانویه تزریق آب و گاز به منظور فشار افزایی به کلاهک گازی یا آبده است و فرق آن با EOR این است.

نکته: EOR تابع شدید قیمت نفت است.

از نظر حجم تولیدی
نه تعداد پروژه‌ها.
شیمیایی < تزریق گاز < حرارتی

نکته: در Secondry Recovery گاز و آب تزریق می‌شود برای فشار افزایی و اصلا هدف کندن نفت از سنگ نیست.

گاز به بالاترین محل مخزن و آب به پایین‌ترین بخش مخزن تزریق می‌شود.

gas inje ⇐ حتی اگر کلاهک گازی نداشته باشیم خودش بوجود می‌آید و این تزریق اختلاط ناپذیر و immimisible (است)

برای تزریق آب و گاز ⇐ $P_{Res} < P_{inj} < 2P_{Res}$

N_2 و Air هم به صورت امتزاج ناپذیر تزریق می‌شود.

روش های tertiary

* بخشی از مخزن که قبلاً تولید شده را تولید کنیم

بخش های که تولید نشده را جابجا کنیم = displacment ←

efficiency
انواع " در
EOR

اون بخشی که که بای‌پس شده = increasing sweep ←
را می خواهیم جاروب کنیم.

اسلاید شماره (49)

نکته: در EOR هدف تحرک کردن نفت immobile در مخزن است

اما در روش های اولیه و ثانویه نفت موبایل تولید می شود.

اسلاید 61 بررسی بهترین روش براساس ویسکوزیته و عمق مخزن.

مثلاً برای مخازن کم عمق با ویسکوزیته بالا بهترین Steam injection است.

missible یعنی فشار تزریق بیشتر یعنی در اعماق بیشتر کاربرد دارد.

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

Subject:
Year: Month: Date:

تعریف EOR

A) Pollen ⇐ هر روشی که نفت ثابت را متحرک کند

B) Latil ⇐ هر روشی که تولید طبیعی نتواند تولید کند را گوییم.

C) Barier ⇐ صفحه 62 اسلاید.

D) Willhite ⇐ بهترین ⇐ هر روشی که نفت بیشتر از مقدار قابل انتظار اولیه تولید کند را EOR گوییم -

انواع روش‌های ازدیاد برداشت:

1- Thermal 3- miscible

2- Chemical 4- other

نکته: صحبت‌ها همه مثل water flooding است ولی جزء IOR است.

⇐ روش‌های حرارتی: ساده‌ترین ⇐ Steam Stimutition

متداول‌ترین ⇐ " flooding

قدیمی‌ترین ⇐ hot water drive

پیچیده‌ترین ⇐ in situ combastion

PASHA

روش های شیمیایی ⇐ polymer - Surfactant - caustic and miscellar - polymer flooding (gel)

در این روش ها هدف کاهش IFT و چسبندگی به سطح سنگ

روش های امتزاج پذیری ⇐ هدف یکی شدن سیال مخزن و تزریقی

H.C - CO_2 - N_2

water flooding ⇐ باعث افزایش فشار مخزن یا نگهداری فشار می شود اما با تزریق آب به درون خود مخزن (نه آبده) و افزایش نیروی ویسکوز باعث به حرکت درآمدن نفت که trap شده می شود.

در thermal ⇐ با کاهش μ نفت S_{or} را کاهش می دهیم ضمناً بر اثر تقطیر یا تبخیر بخشی از ترکیبات جدا می شوند. پس عمدتاً دنبال کاهش μ هستیم.

در chemical ⇐ S_{or} را با کاهش IFT کم می کنیم و با افزایش

μ↑ آب تزریقی و افزایش Volumetric Sweep eff و کاهش mobility Ratio می‌شویم.

CEOR → IFT↓

(مثلاً ترشوندگی) بین سنگ و سیال ←

امادر امتزاج پذیرها ⇐ IFT به صفر می‌رسد. زیرا دوتا سیال

← بین سیال تزریقی و مخزن

قاطی می‌شوند.

⇐ هر روشی غیر از اینها other method هستند.

water flooding (W.F)

فقط دوتا zone داریم. از دهه‌های 71 به بعد.

برای W.F زاویه‌ی چاه مهم است اما عموماً عمودی است.

منبع این آب یا دریا یا خود WC یا رودخانه و آبه‌های غیر مرتبط

البته باید سازگاری آب تزریقی با مخزن بررسی و تأیید می‌شود.

محدودیت‌های این روش: اگر نفت μ بالایی داشته باشد. آب سریع BT می‌کند و نفت by pass می‌شود و MR زیاد می‌شود.

B) در مخازن ناهمگون WF مشکلاتی دارد. و آب سریع اونجا می رود.

بنابراین WF در مخازن fracture و نفت سنگین کمتر استفاده می شود.

اما علی رغم این محدودیت ها بهترین پروژه های EOR همین WF است.

بهترین شرایط براساس آمار و تجربه برای انجام WF ص 77

* API > 25° * $\mu < 30$ cp

ترکیب نفت مهم نیست $S_o > 10\%$ mobile

نوع مخزن (Carbonate و Sandstone)
K، T و h (Net)، Depth = مهم نیست

3

پارامترهای موثر در طراحی این روش:

* می تواند هم Sweep eff و displacment eff هردو
با هم بشود.

* در طراحی این روش geometry مخزن مهم است.
بیشتر همون Sccenlne در این حالت ۸

* ویژگی های سیال (API و μ) مهم است.

* عمق مخزن از نظر فشار تزریق کمتر از شکست مهم است.

* در مخازن شیل دار باید بررسی شود.

* اشباع سیال مهم است و اگر به S_{or} رسیده باشیم دیگر کاربرد ندارد.

* همگونی مخزن باید بررسی شود.

* باید مکانیزم اولیه را بشناسیم. مثلاً اگر آبده قوی باشد روش کاربرد ندارد.

⟸ displacement در حد pore و microscopic است. اما

Sweep در حد مخزن است. و macroscopic است.

overal ~~of~~ recovery efficiency

$$N_p = N_S E_D E_A E_V$$

کل نفت تولیدی در زمان EOR

حجم نفت در ابتدای شروع EOR

PASHA

E_D ⇒ displacment efficeency
or microscopic or displacement sweep eff

E_A ⇒ areal sweep 〃

E_V ⇒ vertical 〃 〃

باید هر سه E بالا باشند. تا فرآیند بازده بالا باشد پس اگر هر کدام کم باشد E کل کاهش می یابد.

$$E_{Vol} = E_A \times E_V$$

$$RF = \frac{N_p}{N_s} = E_D E_A E_V$$

$$E_D = \frac{\text{بخشی از نفت که برخورد صورت گرفته و جابجا شده است.}}{\text{حجم مخزن که با سیال EOR برخورد می کند}}$$

$$E_{Vol} = \frac{\text{بخشی از حجم مخزن که با سیال EOR برخورد می کند.}}{\text{حجم مخزن که می خواهیم EOR روی آن انجام شود (حجم نفت اولیه قبل از EOR)}}$$

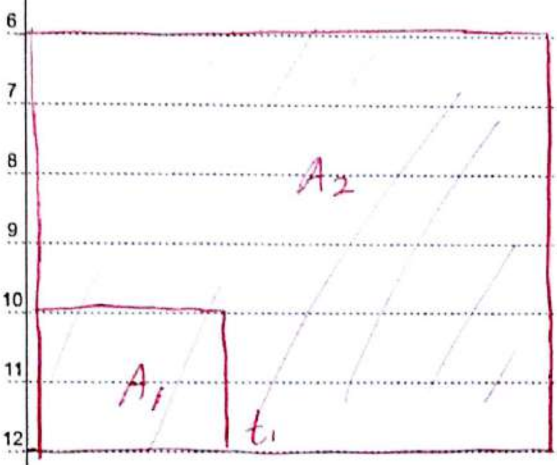
در هر لحظه جدا
تعریف می شود

$$E_A = \frac{\text{سطحی که با سیال EOR تماس دارد}}{\text{کل سطح}}$$

شکل صفحه بعد.

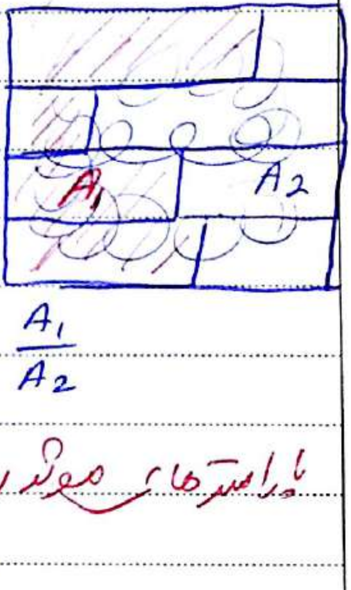
نکته: ادامه کل حجم نفت اولیه تبدیل به RF را دیگر بینیم کلی است که می شود

initial و اگر مال EOR باشد می شود حجم موقع شروع EOR



$$E_A = \frac{A_1}{A_2}$$

$$E_V = \frac{\text{سطح عمود تماس داشته (" ")}}{\text{سطح عمود کل (cross sectionی)}}$$



$$E_V = \frac{A_1}{A_2}$$

پارامترهای موثر روی E_A و E_V

* هر دو تابع ترک پذیری اند $M = \frac{K}{\mu}$ آنکه گاز سبک تر است و بالا می رود و μ بیشتر دارد و باعث فینگرینگ می شود.

* هر دو تابع میزان سیال تزریقی اند و با میزان برخورد رابطه مستقیم دارد

PASHA

* هر دو تابع هتروژنی های مختلف است.

* در Areal برای ما patern ها متفاوت است.

در vertical علاوه بر " " حتی درجه جدایش دانسیته نیز مهم باشد

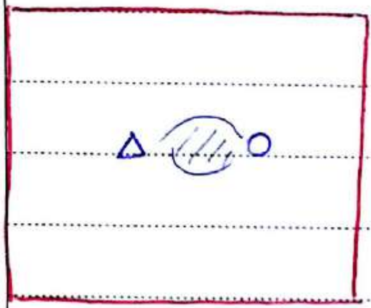
Degree of Gravity Segregation

پس هرچه این اختلاف داشته باشیم E_v برای کمتر. زیرا همراه جریان

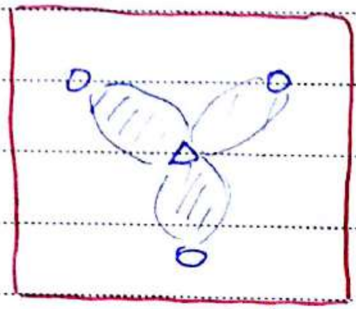
بالا رفتن گاز و ... و BT شدن ...

انواع patern ها:

تولیدی ○ △ تزریقی



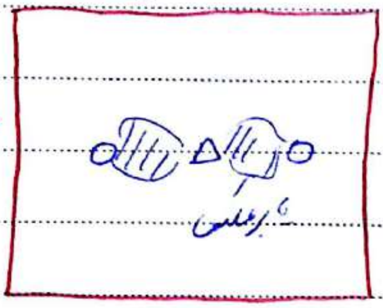
2 - spot



4 - spot

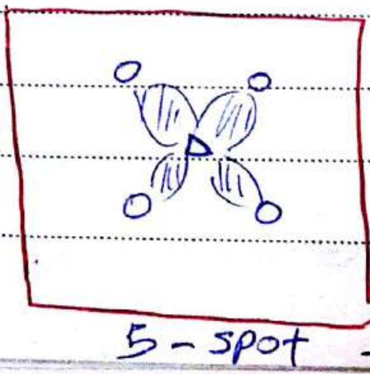
یا برعکس

3-spot



نکته: در یک مخزن واقعی Pattern های مختلف داریم.

یا برعکس



5 - spot - 7 spot - 9 spot

برای بهبود E_{Vol} ⇐

mobility را برای سیال تزریقی کم کنیم یا برای سیال مخزن زیاد کنیم.

برای رفع هتروژنی شکاف ایجاد می کنیم. اما در هتروژنی های عمودی شدیداً لایه را می بندیم.

الگوها را هم می توان عوض کرد.

گاهاً هم یا از چاه افقی یا تزریق بخار در پایین ترین بخش یا تقویتی استراتژی تزریق برای حل مشکل جدایش گرانشی انجام می شود.

E_D ⇐ تحت تأثیر عدد بی بعد capillary number است.

$$\boxed{\text{Capillary number} \propto \frac{\text{viscous force}}{\text{capillary force}}}$$

$$\boxed{\overset{\uparrow}{N_{ca}} = \frac{v\,\mu_w}{\sigma_{ow}}}$$

$\frac{v_{app}}{\varphi}$

v ⇒ interstial velocity (سرعت واقعی)

μ_w = water viscousity (سیال تزریقی)

σ_{ow} = interfacial tension

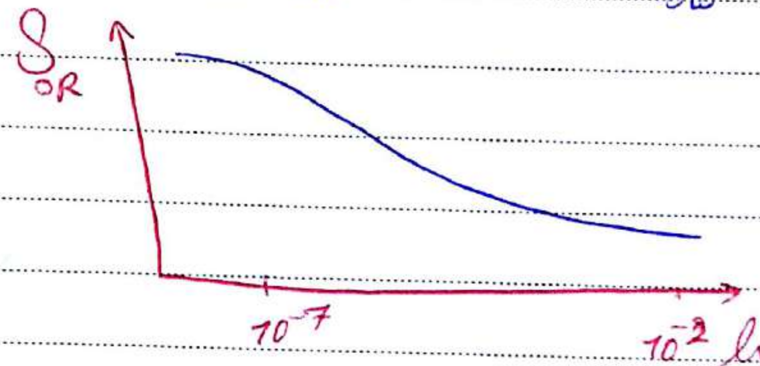
(واقعی
سرعت

$$N_{Ca} = \frac{V\mu_w}{\sigma_{ow}\cos\theta}$$

$$V_{darcy} = \varphi V$$

$$\Rightarrow N_{Ca}^{*} = N_{Ca} \times \varphi$$

$$N_{Ca}^{*} = \frac{V_{darcy}\,\mu_w}{\sigma_{ow}} = \frac{k_{rw}\,K\,\Delta P}{\sigma_{ow}} \text{ or } \frac{K_w\,\Delta P}{\sigma_{ow}}$$



Q. $N_{Ca'} \propto \frac{1}{S_{oR}}$

S_{oR} → Residual Saturation

پس اصل کار برای S_{oR} کمتر افزایش N_{Ca} و برای آن اصلی ترین پارامتر کاهش σ_{ow} است.

mobility control method

polymer flooding یا همان روش های

$$M = \frac{(k_{rD}/\mu_D)_{\bar{S}_D}}{(k_{rd}/\mu_d)_{\bar{S}_d}} \qquad \frac{\lambda_D}{\lambda_d}$$

D ⇒ displacing جابجاکننده

d ⇒ displaced جابجا شونده.

$\bar{S}_d$ = Average displaced fluid saturation ahead of the front

$\bar{S}_D$ = 〃 〃 〃 〃 behind 〃 〃.

* ⇐ سیال از مجاری با تراوایی بیشتر وارد شده و پدیده Fingering رخ می‌دهد و دیگر بازده یا $E_S ! E_D$ در این حالت بسیار کم است.

و این در حالتی است که $M \gg 1$ است.

در فرآیندهای mobility Ratio به دنبال اصلاح این مسیر حرکت هستیم.

* ⇐ در این فرآیندهای ماده ویسکوز تزریق می‌شود

و سیال تزریقی به پلیمر فشار می‌آورد و پلیمر هم fingring ندارد

و باعث افزایش RF می‌شود. نکته اینجاست که در تزریق

پلیمر سعی می‌شود که $M \le 1$ باشد. یا نزدیک به ①

⇐ با تزریق misable و surfactant می‌توان تراوایی نسبی

را نزدیک کرد با کم کردن (IFT)

* اما برای ویسکوزیته میتوان ویسکوزیته فاز جابجاشونده (مثلاً آب)

را ~~کم~~ زیاد. و یا فاز جابجاشونده را کم کنیم. (مثلاً نفت)

* مهمترین سیال برای افزایش ویسکوزیته آب استفاده می‌شود

پلیمر است. و کافی است نیم کیلو پلیمر در $1m^3$ آب حل شود

و به 500 ppm برسیم. بیشترین کاربرد پلیمر:

* غیر از پلیمر از تزریق مواد چون فوم هم می‌توان استفاده کرد.

همچنین ژل‌ها یا ژل‌های فومی هم هستند

* بعد از پلیمر وگ یا واتر اینترسیشن فلادینگ کاربرد زیادی دارد و قابل مقایسه با پلیمر است

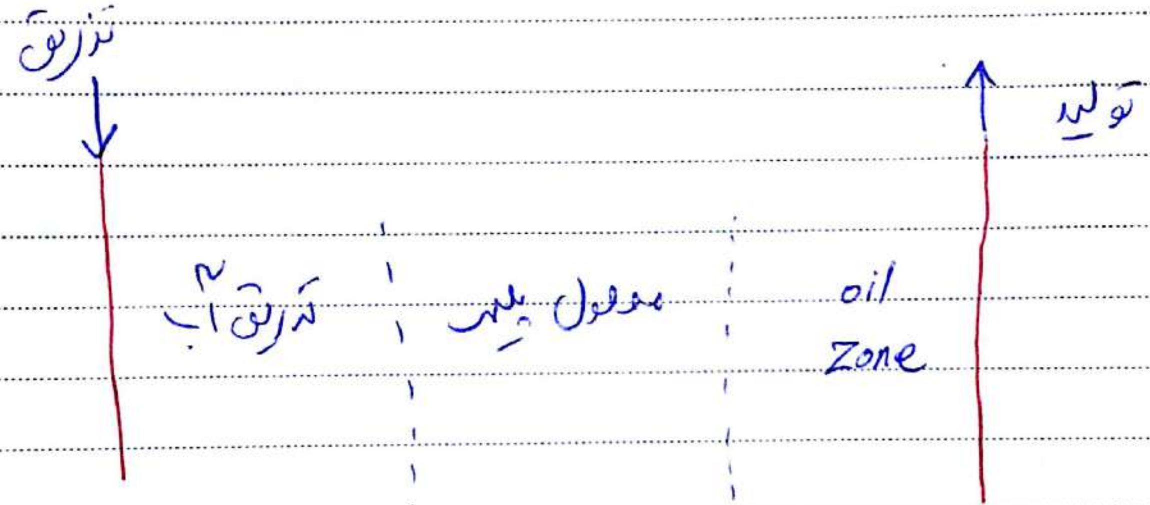
* وحدود 10 تا 20 برابر پلیمر از آب گرانتر است.

در polymer flooding ما Sweep eff را
Areal "

افزایش می دهد RF حدود 5٪ زیاد می شود زیرا کاری

displacement eff را تغییر نمی دهد.

* پلیمر با 200 — 7000 ppm تزریق می شود



⇐ اگر غلظت پلیمر از 1000 ppm بیشتر شود تزریق پذیری و تمیز کردن

پلیمر سخت است.

نکته: چون پلیمر گران است ما یک slug از پلیمر را

تزریق می کنیم و پشت سر آن آب تزریق می شود

PASHA

و این آب نیامت سر پلیمر با پلیمرهای جذب شده روی سنگ دوباره یک بلاک پلیمر فلادینگ شکل می‌گیرد. و این تزریق تا رسیدن به چاه تولیدی ادامه می‌یابد.

* حداکثر تزریق پلیمر حدود ۱ ماه است. و گاهی 0.5 P.V تزریق می‌شود.

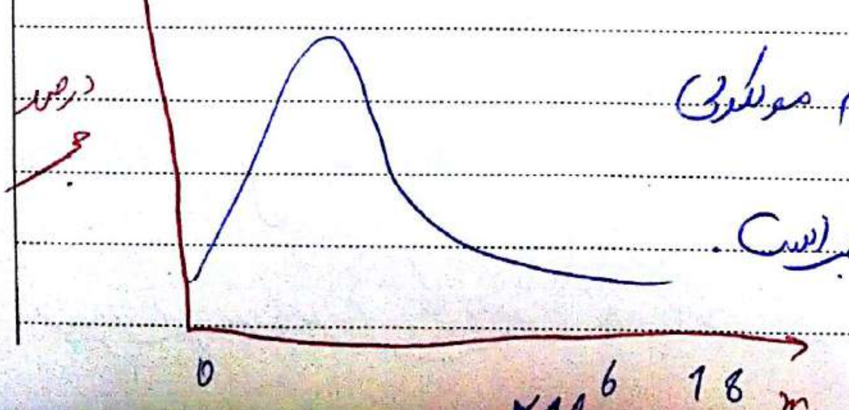
* پلیمر flooding معمولاً یکبار تزریق می‌شود.

Ⓐ polyacrylamides — انواع پلیمرها:

Ⓑ polysaccharides ⇒ زانتان یا چسب زانتان — معروف ترین گوز

Ⓐ ⇐ از زنجیره‌های هیدروکربنی آبی تشکیل شده. و هیدرولیز می‌شود.

Ⓑ ⇐ به صورت زنجیره‌های حلقوی و از فرآیند های میکروبی تشکیل می‌شود.



پلیمر یک جرم مولکولی ندارد و وابسته به درصد حجم است.

شرط بهبود E جاروب کردن ذخیره است از چاه های تزریق تا چاه تولیدی است. و لازم است پلیمر در این فاصله (گاهی چند سال) خاصیت خود را حفظ کند.

* اگر زنجیره ها از هم جدا شوند. دیگر خاصیت ندارد.

4 دلیل

1- تحت تنش های دینامیکی و استاتیکی در مخزن

2- حمله الکترون های محلول در آب و باعث جدا شدن زنجیره ها.

3- حملات میکروبی در مخزن و تجزیه پلیمر ها.

4- عمده پلیمر ها در شرایط دمای خاصی پایدارند و اگر دما از حدی بالاتر رود زنجیره ها کوچک می شوند.

5- جذب پلیمر روی سطح سنگ.

* میکروب ها در woc وجود دارند.

* * *

* water alterneting gas یا (wag) بعد از پلیمر

بهترین روش برای کاهش m است. که به صورت

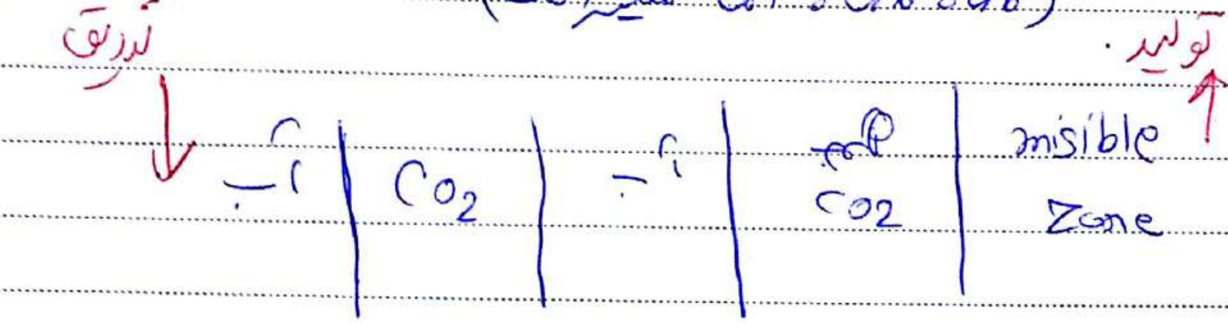
PASHA

misable یا imisible است که CO_2 یا گاز طبیعی تزریق می‌شود.

چون ویسکوزیته گاز زیاد نیست بعد از آن آب می‌زنند و به صورت

تناوبی CO_2 و آب تزریق می‌شود و باعث تولید می‌شود.

([illegible] اما متغیر است)



گاز به علت [illegible] به بالا یا به سمت بالای مخزن می‌رود یا سریع BT می‌کند.

Screening Parametr

برای پلیمر فلادینگ.

API ~~<~~ 18 μ < 200 cp

S_{or} mobile > ۶۰٪

خواص ترکیب نفت مهم نیست.

K > 20 md

در مخازن ماسه سنگ کربناته و ماسه سنگ.

Depth < 9000 ft T < 225

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

Subject:
Year: Month: Date:

Thermal method

⇐ با تزریق حرارت در مخزن μ نفت را کم می کنند.

انواع از نظر اجرا و مکانیسم

گروه اول ⇐ حرارت در سطح زمین ایجاد می شود و سپس

به مخزن تزریق می شود.

گروه دوم ⇐ حرارت در درون مخزن ایجاد می شود.

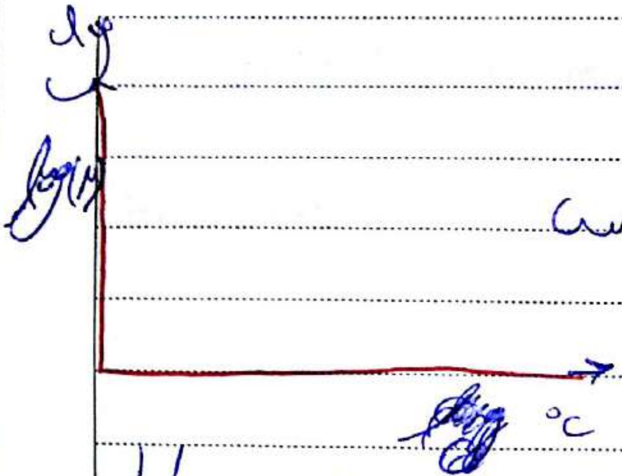
in situ combustion.

گروه اول → hot water flooding <
- continuous
- huff and puff
- steam/cold water

↑ این ها روش هستند.

گروه اول → Steam flood

گروه دوم → in situ combustion <
- forward (Dry or wet)
- reverse
- enriched air



مکانیزم‌های فعال در thermal ⇐

1- اولین و موثرترین کاهش μ نفت است

لگ عمودی (Semi log)

نکته: هرچه API کمتر ← بیشتر میتوان با دما μ را کم کرد.

2- تغییرات K_r با دما

(با افزایش دما K_r به سمت آب دوست بودن می‌روند)

$T \propto K_{r_o}$ $K_{r_o} \propto T$

3- انبساط حرارتی ⇐ هرچه دما بیشتر ← انبساط حرارتی نفت

(β)
oil 10^{-3}
water 3×10^{-4}
Rock 10^{-5}

هم بیشتر.
(thermal expantion)

این سه تا اصلی بودند.

مکانیزم‌های جزئی

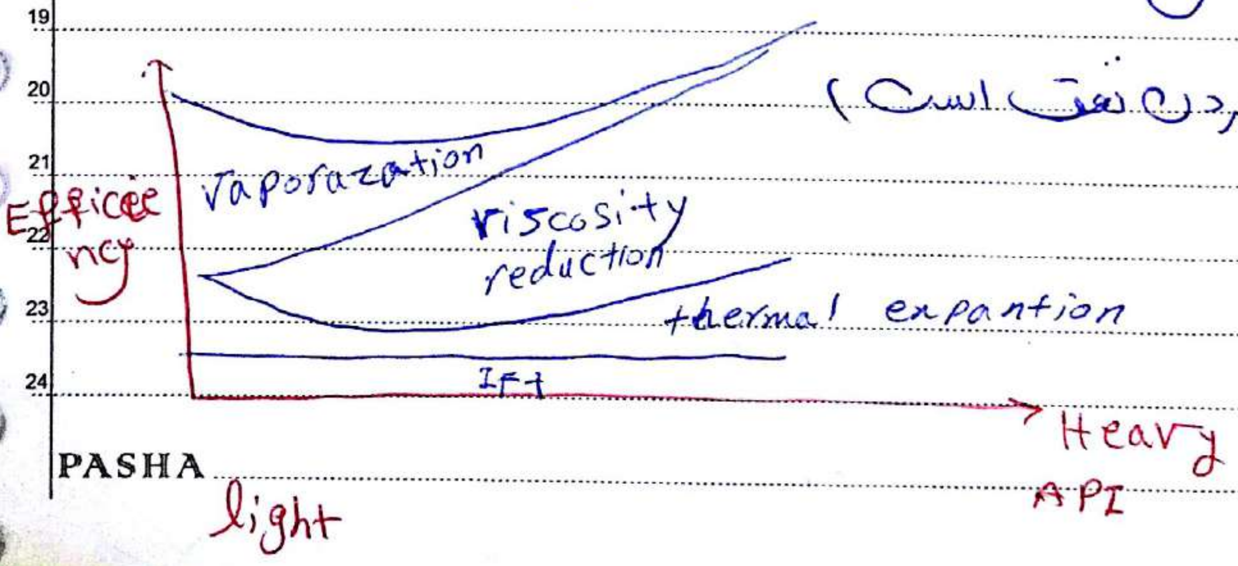
4- تبخیر و کاندنس شدن ⇐ با تزریق حرارت بخش‌های سبک نفت بخار شده و تولید می‌شوند. با کاهش دما در اطراف چاه تولیدی ترکیبات بخار شده کاندنس می‌شوند و با نفت تولید می‌شود.

5) Steam distillation ← به صورت حرارتی برش های نفت را جدا می کند اما قبلی به صورت تعادلی و فیزیکی است

6) کاتالیستی thermal cracking ← که بیشتر شکست حرارتی در دماهای بالا رخ می دهد. و کرکینگ روی ترکیبات سنگین اما قبلی (5) روی سبک ها.

7) تولید ترکیبات سبک مثل CO_2 و تولید نفت سبک می شده مثلاً اگر احتراق کامل باشد CO_2 می شود، اگر جزئی باشد نفت سبک رخ می دهد و μ را کم می کند.

8) Swelling نفت در اثر موارد بالایی (وجود ترکیبات سبک و باد کردن نفت است)



* هرچی نفت سبک تر vaporazition موثرتر.

" " " سنگین تر کاهش ویسکوزیته "

فرآیندهای thermal EOR:

Hot water flooding

ساده ترین. و بسیار شبیه water flooding فقط با دمای خیلی بیشتر.

آب در boiler به دمای کمتر از دمای جوش رسانده single phase با دمای بیشتر از دمای مخزن (برای موثر بودن) تزریق می شود و نفت را جاروب می کند.

این روش ساده است اما کارایی زیادی ندارد و مقدار نفت زیادی را خارج نمی کند. دلیل آن heat loss است که رخ می دهد.

آب با خلوص ٪۵۰ به بالا استفاده می شود.

علت های heat loss ⇐

1) boiler

2) transport line

عایق و پوشیده کردن فاصله های و لوله زیرزمین.

3) well

راه حل ها ⇐ (در طول چاه)

← استفاده از "گاز پشت casing (N$_2$) برای انتقال حرارت کمتر. و

راه حل دوم استفاده از vacum در چاه های کم عمق و

فاصله کم بین casing و tubing

4) reservoir

نسبت به نفت مخزن بالا می رود ⇐

و یا حتی با بالا و پایین مخزن اتلاف حرارتی داریم.

* گاهاً به بخش بالای مخزن گاز تزریق می کنند و باعث ف را افزایش

(Blanket) (N$_2$)

و جلوگیری از هدر رفت حرارت به بالای مخزن شود.

⇐ در مخازن با عمق بیش از 1000m عملاً به این 4 دلیل این

روش انجام نشده.

← در Steam flooding هم همین هدررفت ها را داریم اما چون بخار است انرژی درونی زیاد است و بازدهی بیشتری بخار داریم. باز هم در مخازن با عمق 4000 ft بیشتر کاربرد ندارد و جوابگو نیست.

* flooding یعنی حتماً continius است اما injection هم می‌تواند پیوسته یا cycle باشد.

* Huff and puff روش هم
که cyclic steam stimulation (تزریق بخار)

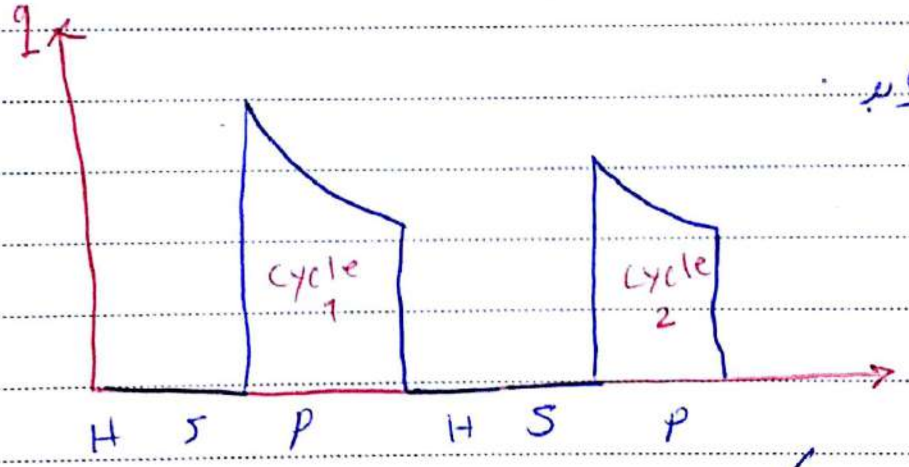
که A well stimulation method

برخلاف بقیه. این روش در یک چاه انجام می‌شود. و تک چاهه است.

که سه مرحله زمانی دارد.

مرحله injection – مرحله Soak – PUFF
HUFF

گاهی بیان به پرزاید دور چاه است از همان چاه بخار را به صورت چند روز تا چند هفته تزریق می کنیم. و وارد [illegible] سنگ مخزن (حداکثر 2 هفته) می شود و اول مکانیزم های بحث شده فعال می شود. و بعد از دو هفته تزریق STOP می شود. تا حرارت انتقال داده شود. بعد چاه تولید را باز می کنم. ابتدا بخارات تبدیل شده به آب تولیدی تولید شده و سپس نفت که هر آن کم شده و تولید ادامه می یابد:



و ممکن است که همینطور cycle ها ادامه یابد تا 30 تا هم انجام شده.

نکته: همیشه در همه روش ها hot water flow در مخزن با نفت وجود دارد.

PASHA

Subject:
Year: Month: Date:

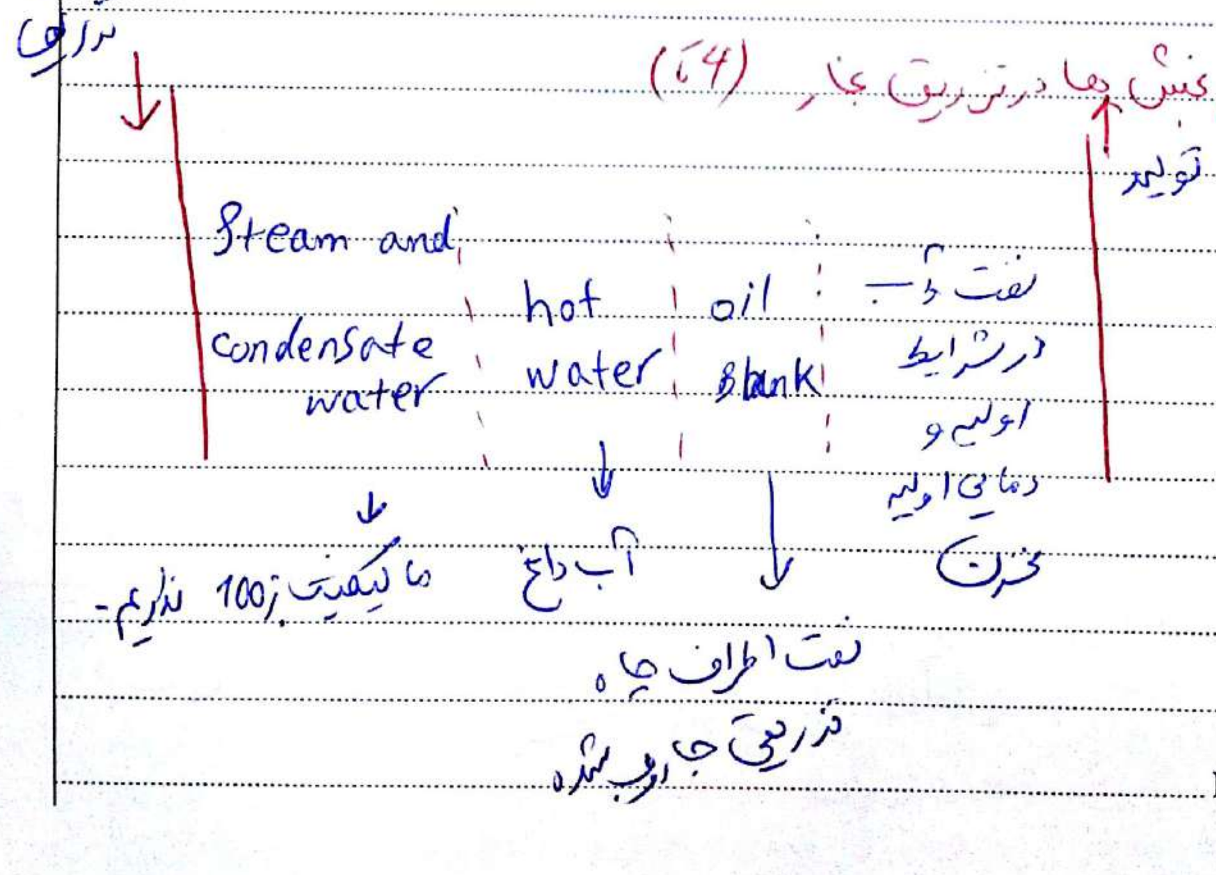
Steam flooding

⇐ موثرترین و بیشترین میزان برداشت است و امروزه بیش از 60 درصد نفت EOR از این روش هاست که البته به لحاظ تعداد پروژه نسبت به بقیه کمتر است. (یعنی در [illegible] Steam داریم)

Steam با کیفیت بخار خیلی بالا تولید می شود.

نکته: اگر کیفیت آب ورودی کم باشد به جای x=100% با کیفیت x=99% می گیرند تا ذرات ناخالصی آب از آن جدا شود و از خوردگی لوازمات جلوگیری می شود و این کار در دریا متداول تر است.

انواع بخش ها در تزریق بخار (4تا)


تزریق
تولید
Steam and condensate water
hot water
oil Bank
نفت و آب در شرایط اولیه و دمای اولیه مخزن
ما کیفیت 100% نداریم.
آب داغ
نفت اطراف چاه تزریقی جاروب شده

* این روش بسیار کاربردی است.

+ روش ساده و ارزان با مکانیسم ساده ای است.

نکات مشکلات عملیاتی

⇐ در فرآیند pre heat یا گرمایش اولیه از همان Steam cyclic
را در چاه تزریق استفاده می کنند. و این سیکل ها اینقدر را ادامه
می یابد که به حجمی از مخزن که بتوان بخار را تزریق کرد.
حال اگر فاصله کم باشد حرارت [illegible] به چاه تولیدی می رسد و نفت
تولیدی یابد.

اما اگر فاصله زیاد باشد حرارت به هم نرسد و حل آن سخت
است.

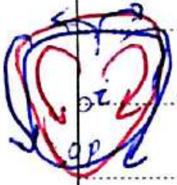
برای حل فاصله زیاد چاه ها: روش ④
⇓

* Steam Assited Gravity Drainege (SaGD)

استفاده از چاه های افقی برای حل مشکل.

چاه بالایی برای تزریق و چاه تولیدی چاه پایین است.

نکته: فاصله چاه تزریق و تولید نباید بیش از 20 متر باشد و ایده‌آل آن 5 متر است الان 2 متر هم است.



⇐ بخار تزریق به بالا می رود. و یک مثلث تشکیل می دهد. سپس نفت بالا که A گرم شده به علت Drainage به پایین آمده و فشار چاه تولیدی کم است و از چاه تولیدی تولید می شود.

بنابراین PI چاه افقی بیشتر است - و مسئله فاصله و رسیدن حرارت حل می شود.

نکته: اگر مشکل حفر چاه افقی وجود نداشته باشد این روش مشکلی زیادی بوجود نمی آید این روش.

in-Situ . Combustion Process

روش حرارتی که حرارت درون مخزن تولید می شود.

Subject:
Year: Month: Date:

انواع ⇐ {

- Dry →
- Normal wet → روش های متداول
- incomplete wet
- super wet (Quenched
- Reverse
- Enriched Air

⇐ ماده سوختنی در منزله هست - اکیژن را ارسال (تزریق می کنیم)
جرقه را ایجاد می کنیم.

مزایا: نکته: از لحاظ تئوری به RF=100% می رسیم. و برخلاف تزریق بخار
انرژی زیاد نمی خواهیم.

مزایا و [illegible] ⇐ وجود هوا مهمه - میزان مصرف آب در تزریق بخار
مهم است. اما اینجا نیاز نداریم. در اینجا مشکل heat loss

PASHA

نداریم و در عمیق ترین مخازن می توان انجام داد.

در این روش هوا تزریق می کنند و مشکل فشار نداریم. و هیچوقت به فشار شکست مخزن نمی رسیم.

بعد از تزریق بخار هم قابل انجام است.

معایب => کنترل فرآیند بسیار مشکل است.

نکته: ۳ ناحیه بین چاه تولیدی و تزریق وجود دارد.

به ترتیب از چاه تزریق به تولیدی

1- هوای تزریق و یا آب (در این ناحیه BURN out یعنی
injected air
کاملا سوخته شده گویند و هیچ HC نداریم.

2- هوا و vaprize water (آب بخار شده) از محصولات احتراق با مخزن
zone

3- ناحیه‌ی احتراق - burning front است که احتراق در آن
combustion zone
انجام است و دما حدود 1200°F است.

3 - در این دما هیچ چیزی به سنگ نچسبیده.

4- این ناحیه steam محصول احتراق یا آب همزاد مخزن باشد و vaprized zone هم هست. دمای این ناحیه 400°F است

5- condensate or Hot water zone است که می‌تواند 150 - 200°F بالاتر از دمای اولیه مخزن باشد.

6- oil Bank تولید می‌شود.

7- گازهای سرد شده مثل CO2 و CO حاصل از ناحیه 3 که به خاطر تحرک‌پذیری بالا جلو آمدند.

= برای ایجاد جرقه یا مکانیکی است یا شیمیایی که بعد از یک دمای ماده شیمیایی خودش آتش می‌گیرد.

* در Burning zone فقط ~~coke~~ کک مانده است که می‌سوزد. پس در این مرحله این ماده می‌سوزد که ارزش تجاری ندارد. می‌سوزد.

نکته: یکی از مشکلات بالا رفتن این احتراق است.

نکته: باید پیش بینی کنیم که این نواحی چگونه پیش می روند. اگر جبهه احتراق به چاه تولیدی برسد چاه تولیدی از دست می رود.

مشکل دوم: هوا به چاه تولیدی برسد و کلا احتراق شکل نگیرد و هوا برود یک جای دیگر و کنترل این هوا مشکل است.

نکته: این فرآیند را ISC - forward است به دلیل
و dry
مسیر حرکت: سمت جلو است برای همه zone ها و
dry چون که فقط اکسیژن یا هوا به صورت گاز و خشک است.

نکته: یکی از مشکلات این است که در 1200°F همه ی مقدار کک سوخته شده هم از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست.

* ضمناً پشت سر سوختن ناحیه ی گسترده ی هوا با دمای 600°F است که برای حل آن آب تزریق می کنند. که؟

سرد هم هست و به آن wet combustion گویند

و با تزریق با آب مخزن بخاری شود و یک فرآیند

Steam flooding ایجاد می شود.

نکته: از فواید این آب تزریقی مانع بالا رفتن زیاد دمای ناحیه سوختن و مانع شکستن ترکیباتی که ما نخواهیم می شود.

نکته: اگر مقدار هوای مورد نیاز را بیش از حد باشد انرژی در کمپرسور از دست می رود و اگر کمتر از حد مورد نیاز باشد یا واکنش ناقص است یا متوقف می شود.

نکته: اگر WAR از حدی بیشتر باشد باعث خاموش شدن آتش می شود. water Air Ratio

$$\begin{cases} EOR = f(\$) \\ EOR = f(\text{Reservoir charactrization}) \end{cases}$$

بررسی تمام حرکات سیالی که از بیرون تزریق می شود.

* گاهی ممکن است در مخزن یک مانع دمایی باشد مثل آیندریت ها یا گاهی ترکیبات مخزن به صورت کاتالیست عمل می کنند و واکنش را تسریع می بخشند. که این مسائل را باید مورد نظر قرار داد.

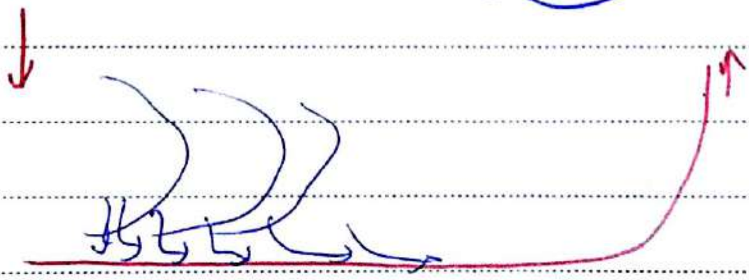
* روش THAI Toe- to heel Air infection *

برای رفع مشکل wet و dry (فقط در حد pibt بوده و میدانی نیست)

مثل روش SAGD است (همان چاه افقی زدن)

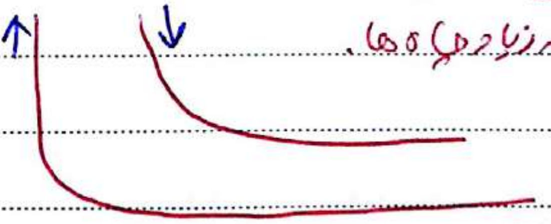
اما فقط چاه تولیدی افقی است و چاه تزریقی عمودی است.

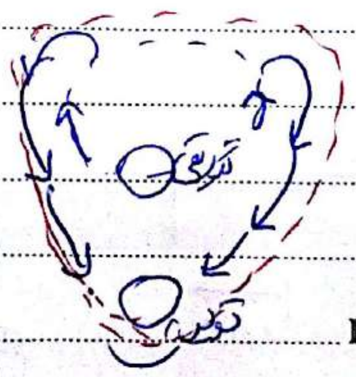
دیگر تقید شده آمیزه ها از چاه تزریقی یکی است. که نفت حرکت کرده بر اثر افت فشار چاه تولیدی تولید می شود.



علت حرکت gravity drainage و تولید به علت افت فشار

روش SAGD برای رفع مشکل فاصله زیاد چاه ها.





نکته: در سیکل زنیه سریع تر از P افت می کند

نکته: آب و هوا با فاصله‌ی کم زمانی مثلاً چند روزه تزریق می‌شود اول هوا بعد آب اما در مقیاس بزرگ تزریق با هم انجام می‌شود.

نکته: پشت front هیچ نفتی باقی نمی‌ماند.

زدن چاه تزریقی جدید.

روش S.DD یا L.DD

Short distance displacement

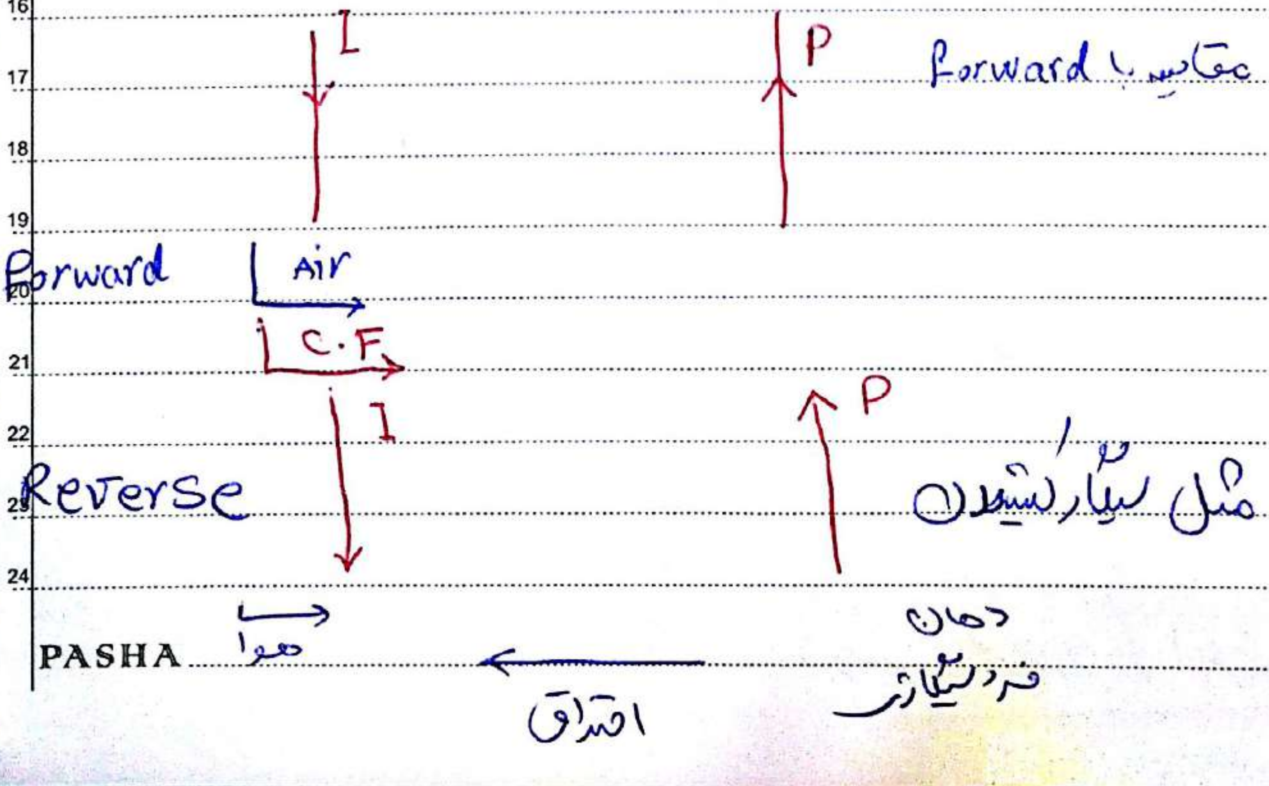
Long " "

همه اونایی که برای حل مشکل است جا

برای کم کردن فاصله چاه‌ها یا زیاد کردن چاه‌ها.

روش Reverse combustion

مقایسه با Forward


I
P
Forward
Air
C.F
I
P
Reverse
هوا
احتراق
دهان
فرد سیگاری

مثل سیگار کشیدن

درواقع جبهه حرارت و تزریق روی هم می افتند. و همان لحظه احتراق هوا وارد می شود. و یک احتراق ایده آل خواهیم داشت.

درواقع front به سمت چاه تزریقی می رود. پس بعد از مدتی تزریق را از چاه تزریقی انجام می دهیم تا توده سیال به خاطر افت فشار تولید شود.

نکته: درواقع بعد از یک عمل forward هوا را از چاه تولیدی تزریق می کنند تا سریع به جبهه احتراق برسد

* Reverse کردن فرآیند عادی درواقع

~~جای چاه تزریق و تولید را عوض می شود بعد از یک مدتی.~~

* اینم جالبه ⇐ درواقع از چاه تولیدی هوای کم آمده را تزریق می کنیم تا به front پشت بانک نفت برسد و احتراق ادامه یابد تا نفت به چاه تولیدی برسد. ****

[redacted]

[redacted]

Reverse cumbustion اصل

احتراق را از طرف چاه تولیدی شروع می کنند

تا جایی پیش برود که در حالت عادی front احتراق

می رسد. اما اصل تزریق هوا از چاه تزریقی است

نکته اینجاست که front در کل مخالف جریان

جلو می رود و نفت های سبک قبل از رسیدن به سمت

چاه تولیدی می رود و کاندنس شده و تولید می شود

دقت کنید که ما بعداً یعنی هوا را از چاه تزریق

تزریق می کنیم اما جبهه احتراق به سمت چاه تزریق

پیش می رود زیرا پشت سر آن اصلاً سوختی نیست

Subject:
Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

پس ترانت به سمت چپ و تولید به سمت راست و
تزریق از چاه تزریقی انجام می شود.

پس روشن نفت مخزن باتوجه به میزان هوای تزریقی است
که چه بخش هایی از نفت بسوزد.

PASHA

Sa Su Mo Tu We Th Fr

Subject:
Year: Month: Date:

Miscible Flooding

سومین گروه از روش های ازدیاد برداشت.

Capilary number (N_{ca}) هدف افزایش

در این روش $P_c = 0$ می کنیم تا IFT وجود نداشته باشد.

اساس این روش براساس تزریق ماده ای که بتواند با نفت مخزن کاملاً مخلوط شود.

تزریق ↓ تولید ↑

Lean gas, high Methane Conentration (Secendry slug)	LPG & Lean gas miscible zone	LPG primary zone	oil & LPG (Miscible) zone	oil Bank

LPG بهترین ماده که با همه نفت ها مخلوط می شود که بیشتر هم light است.

نکته: به دلیل گران بودن LPG به صورت slug flooding: تزریق می شود. یعنی به مدت تزریق می شود و متوقف و پشت آن سیال دیگر

PASHA

ممکن است LPG درون مخزن trap شود. (گیر کردن در حفرات با سطح تنگ و ....) (برای جلوگیری از این کار بهتر است ابتدا یک ماده سبک تر و ارزان تر که ویژگی مخلوط شوندگی را داشته باشد تزریق می شود) که معمولاً بعد از آن یک گاز سبک مثلاً متان را به صورت slug تزریق می کنند.

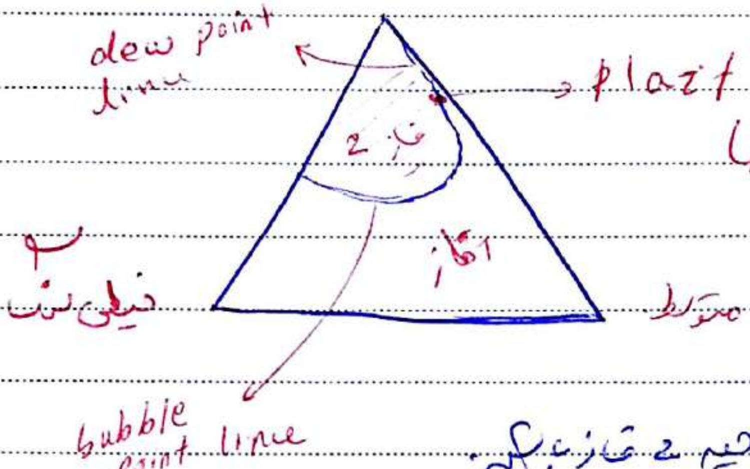
A- هم گاز سبک و هم LPG است که با هم مخلوط اند.

نکته: در miscible flooding ما دنبال صفر کردن IFT هستیم. بنابراین $N_{ca} = \infty$ می شود و $S_{or} \Rightarrow 0$ میل می کند پس بعد از آن دیگر نفتی باقی نمی ماند

نکته: متان یا Lean gas نباید با نفت مخزن برخورد کند زیرا غیر قابل مخلوط شدن است و اول miscibly از بین می رود.

نکته: مقدار اختلاط پذیری مهم است.

منحنی مثلثی مهم است در میانترم می‌آید. ترکیبات


dew point line
plait point
2 فاز
1 فاز
سنگین
متوسط
bubble point line

محل برخورد منحنی نقاط حباب با شبنم.

هر منحنی تک فاز مگر در ناحیه ۲ فاز بگیم.

نکته: خارج از ناحیه تک فاز و miscible است

← پس یک راه افزایش فشار تزریق است که مساحت ناحیه دو فازی کوچکتر می‌شود. پس هر چه این ناحیه کوچکتر، اختلاط پذیری بیشتر

انواع اختلاط پذیری

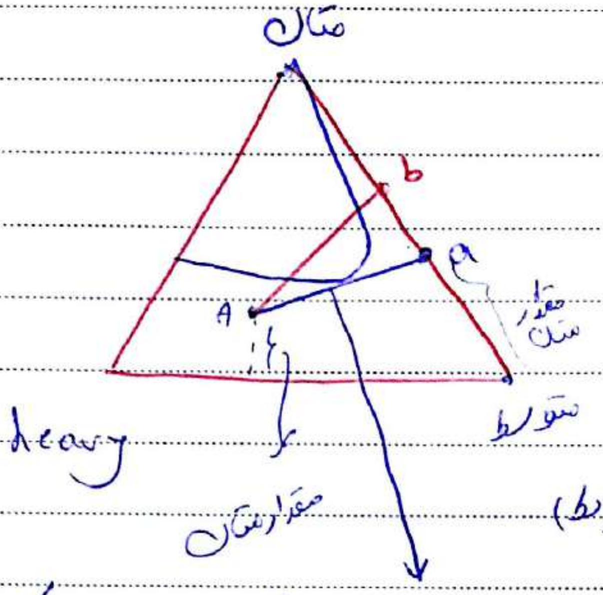
FCM ⇐ first contact miscibility -1

MCM ⇐ multi 〃 〃 -2

ع ⇐ FCM ⇐ سیال تزریقی به محض اولین برخورد با نفت مخزن

مثل LPG

مخلوط می شوند.



a در شرایط نفت مخزن

a به سیال تزریقی ها

40% متان 60% پروپان (متوسط)

مسیر برخورد که همواره دو تک فازی است

سپس

ط. یک ترکیب سبک تر فرض کن. آنگه در این حالت از ناحیه

دو فازی رد می شود خط قرمز. پس صددرصد FCM نیست اما

احتمال دارد که MCM باشد.

نکته بسیار مهم ⇐ ناحیه‌ی دو فازی فقط خاصیت نفت مخزن است

و ربطی به شرایط سیال تزریقی ندارد. پس اگر در این مثال سیال

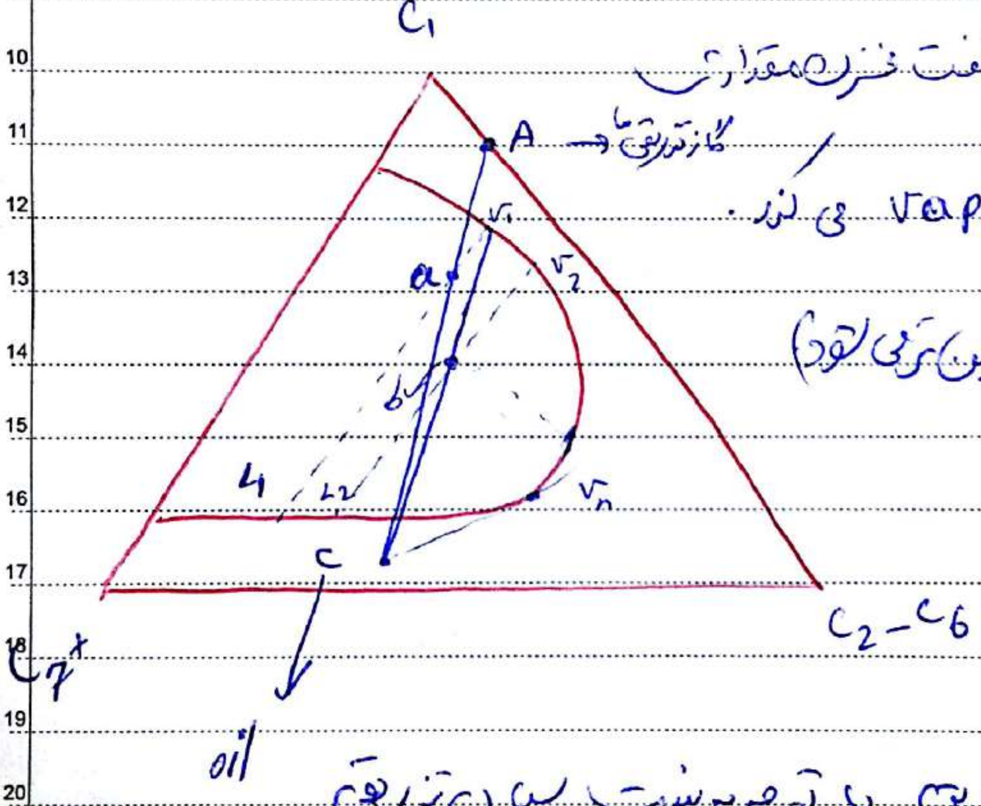
تزریقی را سنگین یا سبک کنیم آنگاه ناحیه دوفازی تغییر نمی کند

MCM ⇐ در اثر برخوردهای متوالی اتفاق می افتد. که
مثل متان با خلوص بالا.

دو مکانیسم داریم. ⇐ Vaporizing gas drive
condensing " "

A ⇐ Vaporazation

⇐ با برخورد به نفت مخزن مقداری از آن را vapor می کند. و هی غنی تر (سنگین تر) می شود


C_1
A
گاز تزریقی ما
v_1
a
v_2
b
L_1
L_2
v_n
C
C_2-C_6
C_7^+
oil

در مکانیسم اول تزریق با توجه به نسبت سیال تزریقی

و حجم نفت مخزن نقطه a می تواند بالاتر یا پایین تر باشد و نقطه

a محل برخورد سیال تزریقی و نفت مخزن است.

Subject:
Year: Month: Date:

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

آنگاه در این جا سیال تزریق بخشی از ترکیبات سبک نفت را برداشت می کند. و غنی تر می شود که به اندازه V_1 بخار و L_1 مایع دارد آنگاه دیگر مسیر امتزاج پذیری V_1C است. که به اندازه L_2 مایع و V_2 بخار دارد و برخی دیگر از ترکیبات سنگین تر نفت را برداشت کرد و سیال تزریقی غنی تر می شود و این کار اینقدر ادامه می یابد که نقطه برخورد خارج از منطقه دوفازی باشد تا FCM داشته باشیم. (V_n) خودت تحلیل بهتر کن

دقت کن ⇐ در برخورد اول که نقطه a است

$\xrightarrow[a]{A+C}$ که فقط V_1 آن به pore بعدی می رود. و L_1 آن می ماند.

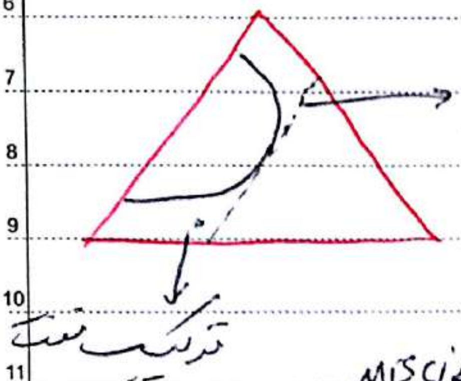
نکته: FCM هم ممکن است بعد از مدتی به MCM تبدیل شود.

vaprazition معمولاً در فاصله های دور از چاه تزریقی رخ می دهد. و ایجاد می کند.

از سمت چپ.

PASHA

نکته: زمانی شرایط Vaprization رخ می‌دهد که ترکیب خوراک نفت در سمت راست. آخرین tie line قرار گیرد.
(خطوط کیفیت ثابت)



=> اگر سمت چپ باشد => آخرین tie line

دیگر بر اثر vapor های دریافتی

دو فازی فرو نمی‌رود. و دیگر به miscible

نمی‌رسد و ترکیبات سبک تزریق بیشتری شود. زیرا نفت مخزن

به اندازه کافی ترکیبات intermediate ندارد.

★ اگر سمت چپ بود یکی از روش‌ها افزایش فشار برای

کاهش ناحیه دوفازی و سمت راست قرار گرفتن ترکیب نفت

MMP => حداقل فشار امتزاج پذیری

حداقل فشاری که در آن MCM رخ دهد و از نظر تئوری عملی

یعنی ترکیب نفت در سمت راست limit tie line قرار گیرد

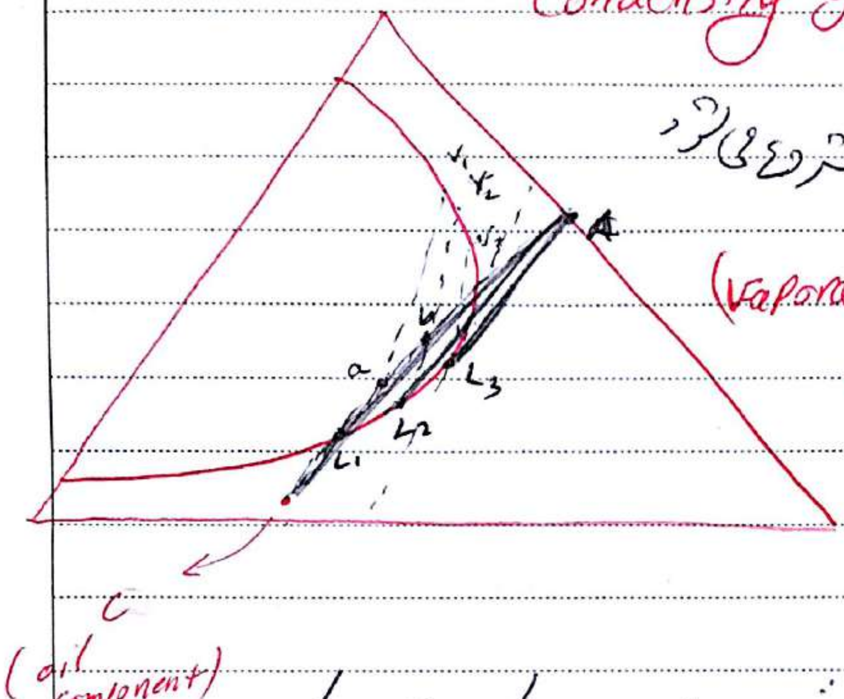
line → آخرین

PASHA

Subject:
Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

Condensing gas Drive ⓑ



از اطراف چاه منتشر می شود

برخلاف تبخیری (vaporaziton

با فاصله بعد از wellbor تزریق.

با تزریق گاز غنی

یعنی گاز با برخورد به نفت مخزن ترکیبات سبک وارد نفت شده و کم کم نفت از سمت C به سمت intermedat می رود و هر بار گاز سبک جدا شده ولی ترکیب نفت مخزن را پیش L_2 که سبک تر شده سه می شود. یعنی گاز تزریقی ترکیبات سنگینش را از دست داده و وارد نفت می شود که باعث سبک شدن نفت و miscible شدن برخورد می گردد.

شود L_1 و L_n از A سبک [illegible] تر شوند بلکه در هر دفعه مقادیر سبک خود را از دست داده این بار را با L_n برخورد کرده و ترکیبات گازی

PASHA

آن به صورت V_n از حدود A سنگین‌تر است.

در مکانیسم condensating سیال تزریقی سمت راست و ~~...~~ ترکیب نفت سمت چپ آخرین tie line قرار می‌گیرد. ← شرط این مکانیسم.

minimum miscibility enrichment = MME

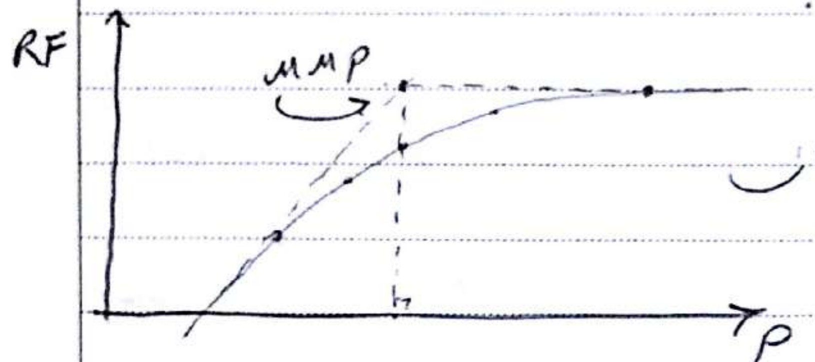
حداقل مقدار گاز برای تزریق تا غنی سازی انجام شود و امتزاج صورت گیرد.

چقدر باید گاز تزریق کنیم که گاز تزریقی در سمت مخالف نفت مخزن قرار گیرد.

پس چقدر باید سیال تزریقی غنی شود تا گاز تزریقی در سمت مخالف ترکیب نفت نسبت به آخرین tie line قرار گیرد.

نکته: MME و MMP در آزمایشگاه بدست می‌آید.

بعد از miscible شدن و امتزاج شدن دیگر افزایش فشار RF را زیاد نمی‌کند.

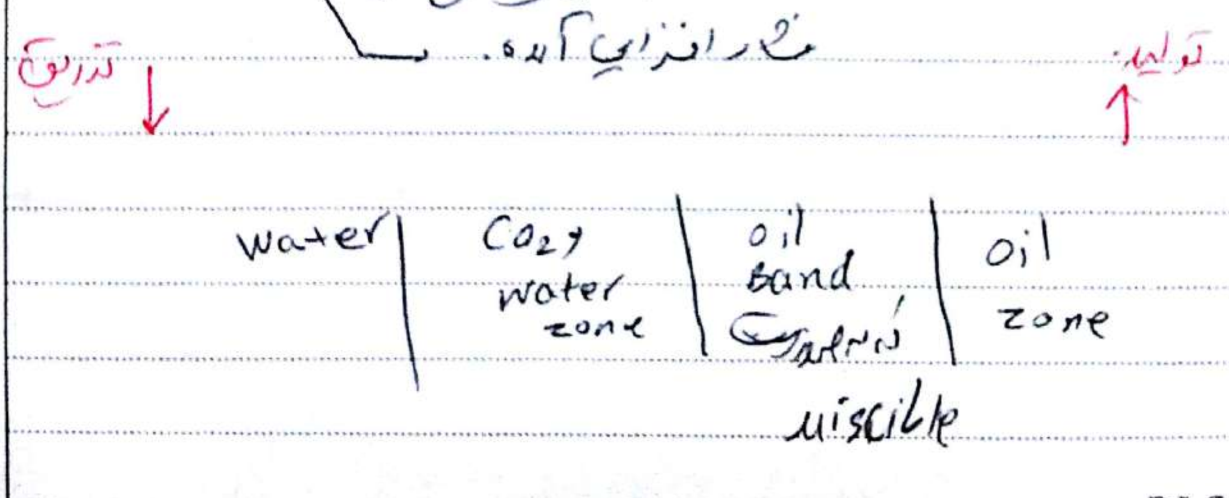


روش: رسم خط در بخش‌های خطی بالاتر و خطی پایین‌تر.

سیال معروف در امتزاج پذیری ⇐ CO_2

miscible Gas flooding (CO_2 injection)

CCS
- زیر اقیانوس دفع شود
- تزریق به مخازن تخلیه شده
- در آبده برای انحلال
- فشار افزایی آبده.


تزریق
تولید
water
CO_2 + water zone
oil band
[illegible]
oil zone
miscible

★ از آنجایی که CO_2 ترکیب برای تبخیر شدن و Condens شدن ندارد پس یک مکانیسم vaporazition است.

اما اثرات دیگر CO_2 = فوایدش.

★1 کاهش µ نفت

★2 باعث swelling شدن و بادکردن نفت

★3 IFT نفت مخزن را کم می‌کند و به miscibility کمک می‌کند.

★ ⇐ CO_2 MMP برای CO_2 کم است.

	CO_2	N_2	flow gas
MMP	2000 - 3000 psi	5000 - 9000	تا 12000

★ ⇐ زیاد شدن MMP ممکن است باعث ایجاد مشکلات هنگام تزریق شود.

مضرات CO_2

Sweep Eff پایین به خاطر mobility زیاد و Gravity segregation
و به خاطر سبکی به دلیل سبک بودن بالا می‌رود. و ایجاد پدیده انگشتی)

مسائل CO_2

کم بودن مخازن که دارای CO_2 اند و مشکل انتقال آن زیاد است.

* بحث جدا کردن CO_2 تزریق شده از نفت تولید شده و باعث کاهش کیفیت نفت.

* اگر CO_2 با آب ترکیب شود باعث خوردگی می‌شود.

* تولید solid و جامدات و رسوب جامدات در اثر اختلاط در آب و ... در مخزن. و کاهش PH نفت و رسوب و...

نکته: برای کنترل mobility Ratio می‌توان با پلیمر یا فوم یا ژل تزریق کرد.
اما روش متداول (WAG) یا تزریق آب و گاز با هم است.

water Alternating Gas

* تقریباً 60٪ تزریق CO_2 از نیروگاه‌های ذغالی است.

Screening Pramoters

API > 27 با ترکیبات سبک و میانی کافی $(C_5 - C_{12})$

$\mu < 10$ cP $T < 250$ °F

$S_o > 30\%$ Depth < 2300 ft

← اما عمده این است ولی بحرانی نیست.

در مخازن ماسه و کربناته انجام می‌شود.

تراوایی اش بحرانی نیست.

پروژه‌های CO_2 تمام شده حداکثر 27٪ RF داشته.

زیرا E_D و E_L که دارد ضعیف E_D بالا دارد.

chemical flooding

⇐ هدف کاهش IFT است. هرچه IFT کمتر RF بیشتر.

معمولاً از سیالی چون surfactant یا کاهنده سطحی استفاده می‌شوند.

وجه [illegible] بزرگ و کاهش کشش سطحی بین سیال و نفت و ~~[illegible]~~ دو سیال سطح اند.

معمولاً به دلیل گران بودن از ترکیبات استفاده می‌شود مثلاً

Surfactant ⇐ از ترکیبات نفت

CO_2 ⇐ مثل مورد قبلی

electrolyt ⇐ محلول دیگه

این ترکیب‌ها را miceller نیز گویند. با اینکه اینقدر قاطی دارد معمولاً مواد گرانی اند. و به همین دلیل به صورت slug تزریق می‌شود.

PASHA

⇐ باید ماده تزریقی از چاه تزریق تا تولید به طور کامل مخزن را پوشش دهد.

مکانیزم های مانع حرکت Surfactant در مخزن و از بین رفتن:

1- هتروژنتی های درون مخزن و شکستگی و کانال ها

2- سیال در حدود 200-2000 ppm تزریق می شود. و در اثر برخورد با آب مخزن ppm کم می شود و غلظت Surfactant کم شده و مخلوط آب با غلظت کم Surfactant ایجاد می کند.

3- جذب سطحی مواد شیمیایی در سطح سنگ مخزن

4- ممکن است ترکیبات به صورت کروماتوگرافیک جدا شوند و هیدرولیز الکترولیت تعادل یونی را از دست دهد یا سورفکتانت جدا شود و دیگر خاصیت نداشته باشد. ممکن است از چاه تزریق تا تولید دو سه سال طول بکشد.

5- شوری آب مخزن باعث از دست دادن مواد شیمیایی تزریقی می‌شود.

6- شکستن ترکیبات مولکولی توسط باکتریها و دما و ...

مواد شیمیایی مقاومت حرارتی کمی دارند. پس در مخازن با دمای بالا امکان تزریق مواد شیمیایی سخت است.

تا اینجاها chemical

تولید ↑

تزریق ↓

شرایط مخزن	oil Bank	مواد شیمیایی به صورت slug ↓ برای کشیدن نفت [illegible] از سمت	مواد شیمیایی برای کنترل (M) مثل پلیمر	ماده بافر برای هل دادن جلویی ↓ آب و ...	آب برای جلو بردن ماده بافر ↓ به صورت flooding

به صورت slug برای جلوگیری از برخورد آب با ماده شیمیایی

* آلکالاین به صورت عمده‌ای دفع می‌شود و در مخزن در اثر برخورد با نفت مخزن خودش surfactant ایجاد می‌کند که از آن هم

IOR = primary
secondary
initial oil recovery

☼ ⛅ ☂

Sa	Su	Mo	Tu	We	Th	Fr

Subject:
Year: Month: Date:

هست و حساسیت های کمتری از surfactant دارد. و از آنجایی

که گران هست پشت سرش پلیمر و آب - مثل قبل تزریق

می شود. برای کنترل (M)

ترکیب همه اینها

⇐ فرایند ASP

تزریق الکالاین - surfactant - پلیمر

که مجموعا باعث کاهش IFT می شوند.

سوم السینت باعث ایجاد Surfactant در اثر برخورد الکالاین با [illegible]

injection of Alkali

saponification → صابونی کردن (کفی شدن [illegible] سورفکتانت)

Reduction of IFT

روش های شیمیایی در فلاد نفت سبک استفاده می شود.

Subject:
Year: Month: Date:

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

روش ها | مکانیزم ها

ASP ⇒ نگفتیم. → دارای Surfactant و...

low Sal < کاهش IFT / تغییر ترشوندگی } مکانیزم ها

foam → کنترل تحرک پذیری

PASHA

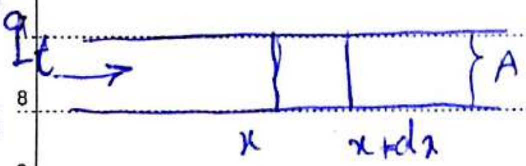
صفحه 4

مباحث محاسباتی ⇐

$$RF = f(E_D \cdot E_V)$$

دنبال $N_{p_{EOR}}$ یا RF هستیم.

$$\frac{dx_{S_w}}{dt} = \frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S=S_w}$$



اول ⇐ E_D

هر اشباع آب با سرعت ثابت جلو می رود.

q_t ⇐ کل دبی ثابت

$$q_t f_w\big|_x - q_t f_w\big|_{x+dx} = A\,dx\,\varphi\frac{\partial S_w}{\partial t}$$

برای water flooding

$$\Rightarrow q_t\left(f_w\big|_x - f_w\big|_{x+dx}\right) = A\,dx\,\varphi\frac{\partial S_w}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial S_w}{\partial t} = \frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{f_w|_x - f_w|_{x+dx}}{dx}\right)$$

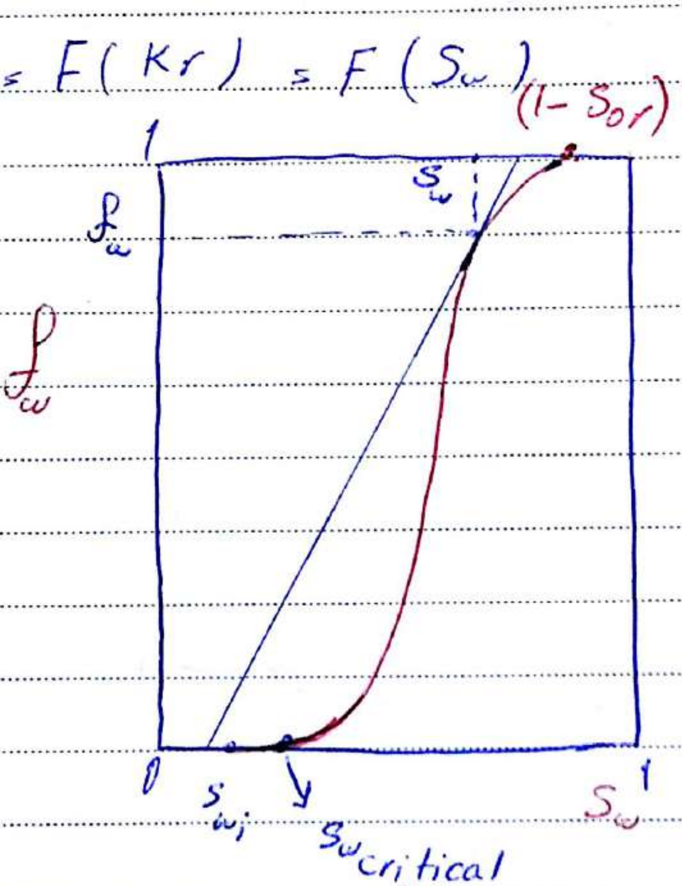
چون اندازه گیری اش سخته از مشتق زنجیری استفاده می شود

$$= \boxed{\frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial x} = \frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\cdot\frac{\partial S_w}{\partial x}}$$

جابجاکننده = حالا آب پلیمر یا
[illegible] یا گاز باشد

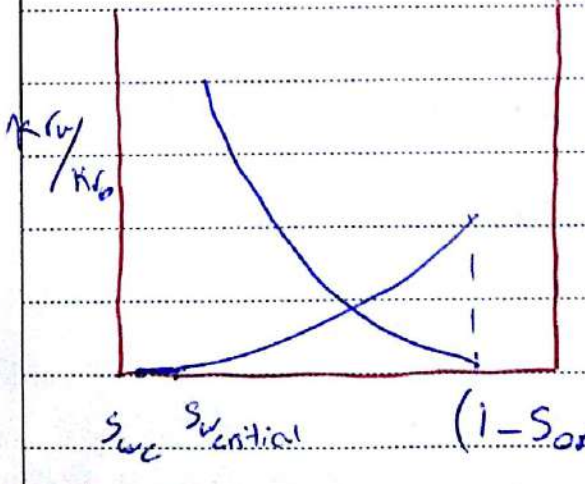
$$f_w = \frac{q_w}{q_o + q_w} \Rightarrow f_w = \frac{1}{1 + \frac{K_o \mu_w B_w}{K_w \mu_o B_o}}$$

$$f_w = F(Kr) = F(S_w)$$



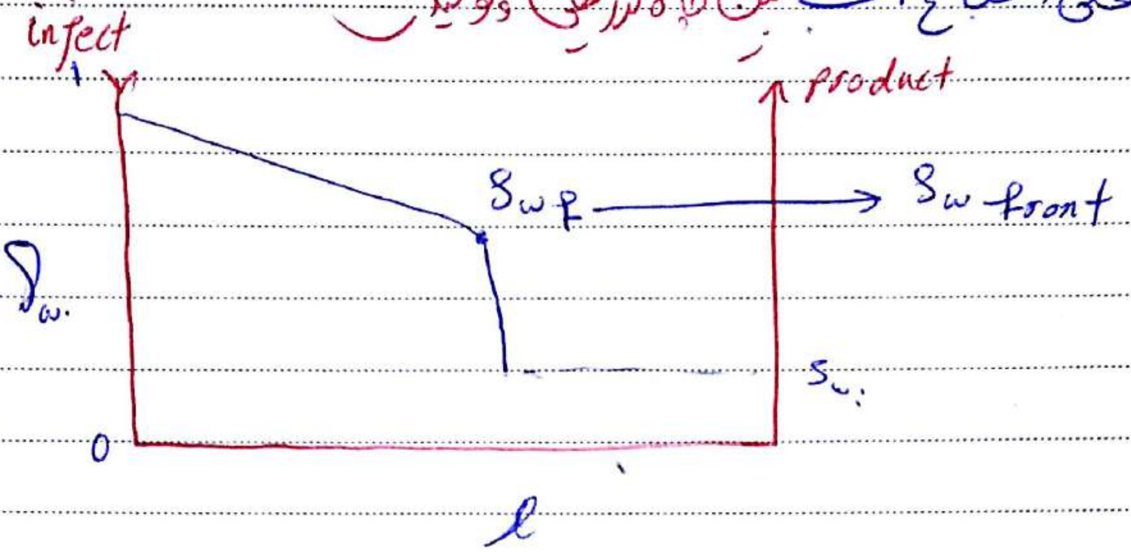
منحنی S شکل

$S_{or} = S_{o\,critical}$



در امتحان حتما از این نمودار
استفاده می شود ولیکم و...

منحنی اشباع آب بین چاه تزریقی و تولیدی



$S_w = f(x, t)$ طبق نمودار

حال دیفرانسیل این را می‌نویسیم.

اما ما دنبال چگونگی حرکت پروفایل S_w ثابت هستیم.

$$0 = dS_w = \frac{\partial S_w}{\partial x}dx + \frac{\partial S_w}{\partial t}dt = 0 \quad \text{if } S_w = \text{const}$$

$$\Rightarrow \frac{dx_{S_w}}{dt} = -\frac{\frac{\partial S_w}{\partial t}}{\frac{\partial S_w}{\partial x}} = \frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w/\partial x}{\partial S_w/\partial x}\right)$$

$$= \frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial S_w} \Rightarrow \boxed{\frac{dx_{S_w}}{dt} = \frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial S_w}}$$

سرعت حرکت سیال با S_w ثابت.

در یک بعد و یک porse

بعد معادله آخر ⇐ frontal advance equation

پس $\frac{\partial f_w}{\partial S_w}$ را از نمودار S_TYPE بدست می‌آوریم در S_w مورد نظر سپس ⇐

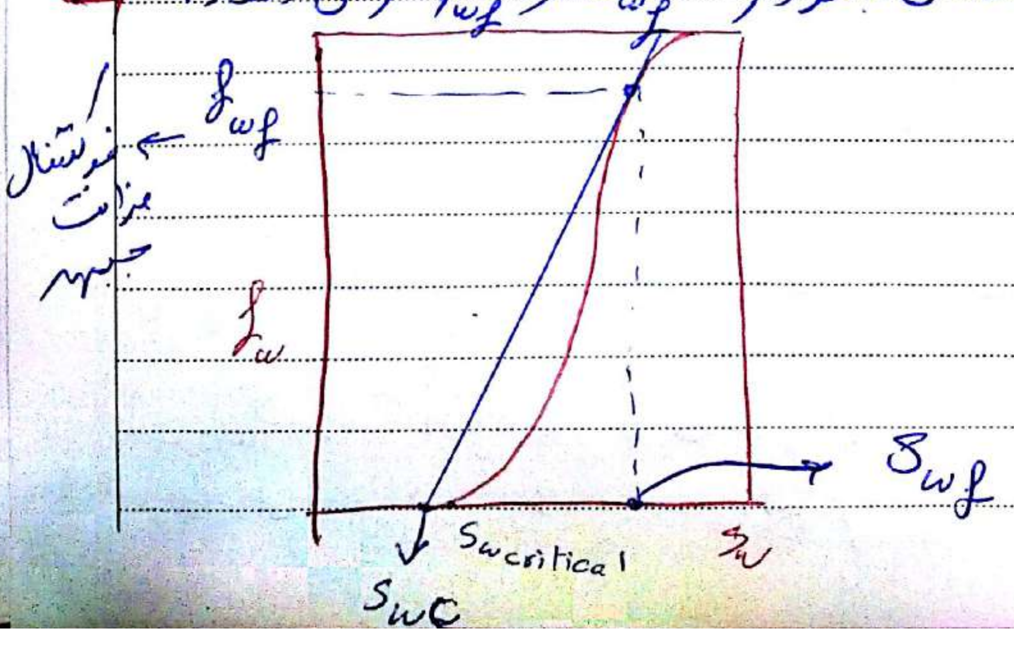
سرعت حرکت

$$\boxed{\frac{dx}{dt} = v = \frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial S_w}}$$

نکته: طبق نمودار پروفایل اشباع در مخزن یک جایی S_w از S_{wi} در یک لحظه بیشتر است که به آن S_{wf} یا S_w front گویند. اولین جایی که اشباع از اشباع مخزن بیشتر است

نکته مهم:

⇐ اگر از $S_w = S_{wi}$ خط مماسی بر منحنی f_w رسم کنیم محل تلاقی با نمودار S_{wf} و f_{wf} را می‌دهد. ⇒



یعنی از آن مسیر f_{wf} با شیب f'_{wf} در حال حرکت است.

پس نکته: فقط یک مماس f_{wf} را می‌دهد آن هم اونیکه از S_{wc} رسم بشود.

برای مکان جبهه

$$\int_0^x dx = \frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_w}\int_0^t dt$$

$$\Rightarrow \boxed{x_{S_w} = \frac{q_t t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_w}} = x_{front}$$

نکته: BT یعنی آب تزریقی به چاه تولیدی برسد و خود آب بخورن پس زمانی که $x_f = L$ بشود زمان BT حاصل می‌شود.

$$\boxed{L = \frac{q_t t_{B.T}}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{wf}}}$$ زمان BT را می‌دهد

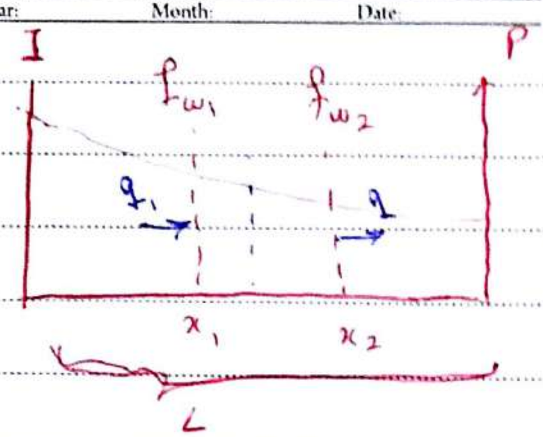
نکته: اگر استفاده مثل اینجا در MBE است. f_{wf} را باید از مماس از S_{wc} بدست آوریم اما اگر محاسبات هر کجی است باید از S_{wr}. ما از S_{wc} رسم می‌کنیم

870492323 یوسف حق‌شناس

Subject:

Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr



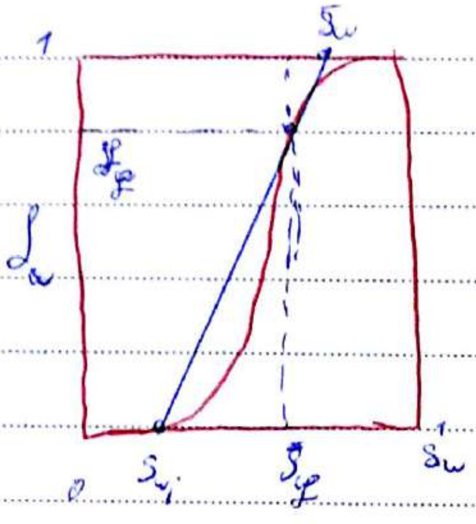
$\bar{S}_w \Big|_{x_1}^{x_2} = ?$

$\varphi\left(q_t A\Big|_{x_1} - q A\Big|_{x_2}\right) = \frac{\partial S_w}{\partial t}(A\varphi \overset{dx}{h})$

$\Rightarrow \partial(q_t A\varphi) = \frac{\partial S_w}{\partial t}$

$\frac{\partial}{\partial x}(q) = \frac{\partial S_w}{\partial t} \Rightarrow \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial S_w}{\partial f_w} \times \frac{\partial f_w}{\partial t}$

$\Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)} = \frac{f}{S_w - S_{wi}} \Rightarrow$



~~$\Rightarrow \bar{S}_w - S_{wi} = \frac{\partial f_w}{\partial S_w}$~~

$\Rightarrow \bar{S}_w = S_{wi} + PVI \longrightarrow \frac{1}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_f}$

$q_1 A\varphi\Big|_{x_1} - q_2 A\varphi\Big|_{x_2} = \frac{\partial}{\partial t}(A\,dx\,\varphi\,S_w)$

$A\varphi\frac{\partial q_1}{\partial x} = \frac{\partial S_w}{\partial t} \Rightarrow \frac{q}{AL\varphi} = \int \frac{\partial S_w}{\partial t}$

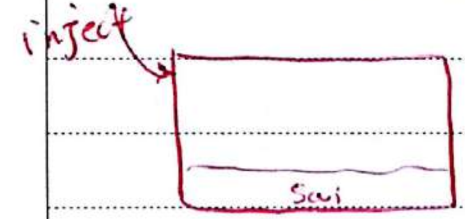
نکته: حالا می‌خواهیم بفهمیم چند P.V آب تزریق کنیم تا B.T رخ دهد.

$$\frac{LA\varphi}{q_t\, t_{BT}} = \left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{wf}}$$

$$\Rightarrow \boxed{P.V.\ inj = \frac{1}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{wf}}}}$$

میزان P.V تزریقی تا رسیدن به B.T

از فرمول مشتق گیری از S_w برحسب می‌شود به دست می‌آید.



می‌خواهیم $\bar{S}_w$ بعد از چند سال بدست آوریم.

$$\boxed{\bar{S}_{w_{bt}} = S_{wi} + \underbrace{PVI}_{\text{pore volume injected water}}}$$

اما نکته مهم: این فرمول فقط تا زمان B.T برقرار است.
زیرا بعد از BT آب هم تولید می‌شود.

حال استفاده از نمودار برای یافتن این $\bar{S}_w$

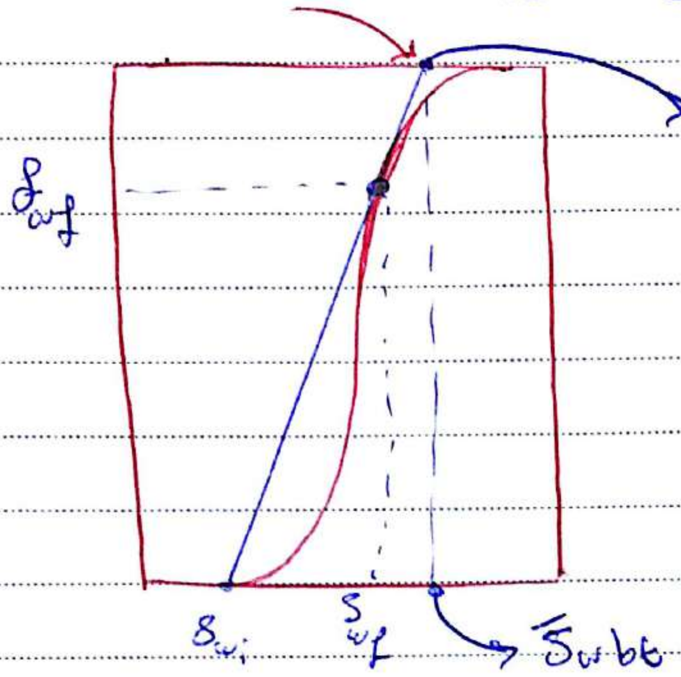
$$\Rightarrow \bar{S}_{w_{bt}} = S_{wi} + PVI \Rightarrow \bar{S}_{w_{bt}} - S_{wi} = PVI = \frac{1}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{wf}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\left(\frac{df_w}{dS_w}\right)_{S_{wf}} = \frac{1}{\bar{S}_{w_{bt}} - S_{wi}}}$$

شیب نمودار:

پس روی نمودار طبق این معادله

این نقطه می‌شود.



$$\bar S_w \text{ at } bt$$

اما پارامترهای بی بعد

$$x_D = \frac{x}{L}$$

$$t_D = \frac{q_t t}{AL\varphi}$$

$$\Rightarrow x_D = (f'_w)_{S_w}\, t_D$$

منحنی 3.2 برای

$0 < x_D < 1$ $t_D > 0$

حد دلتا بار به صورت یک شیب سریع.

جواب در زمان bt $x_D = 1$

$$t_{D_{bt}} = \frac{1}{f'_{wf}}$$

$$N_p = (\bar{S}_w - S_{w_i})\, A\varphi L / B_o$$

$$\Rightarrow \bar{S}_w = S_{w_2} + t_{D_2}(1 - f_{w_2}) = S_{w_2} + \frac{1 - f_{w_2}}{f'_{w_2}}$$

محاسبه N_p تا زمان bt

محاسبه $\bar{S}_w$

تنها موضوع $\bar{S}_w$ است که باید $\bar{S}_{w_{bt}}$ بگذاریم.

$$\Rightarrow \bar{S}_w = \frac{\int_{x_1}^{x_2} S_w\, dx}{\int_{x_1}^{x_2} dx} = \frac{\int_{x_1}^{x_2} S_w\, dx}{x_2 - x_1} \Leftarrow$$

اما بالا به صورت کسر

$$\int_{x_1}^{x_2} S_w\, dx = S_w x \Big|_{x_1}^{x_2} - \int_{x_1}^{x_2} \frac{dS_w}{dx}\, x\, dx$$

$$= S_w x \Big|_{x_1}^{x_2} - \int_{x_1}^{x_2} x\, dS_w$$

$$\Rightarrow x_{S_w} = \frac{q_t t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_w}$$

$$\int_{x_1}^{x_2} S_w\, dx = (x_2 S_{w_2} - x_1 S_{w_1}) - \frac{q_t t}{A\varphi}\int_{x_1}^{x_2}\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right) dS_w$$

$$= (x_2 S_{w_2} - x_1 S_{w_1}) - \frac{q_t t}{A\varphi}\int_{x_1}^{x_2} \partial f_w = (x_2 S_{w_2} - x_1 S_{w_1}) - \frac{q_t t}{A\varphi}(f_{w_2} - f_{w_1})$$

$$\Rightarrow \bar{S}_w = \frac{x_2 S_{w_2} - x_1 S_{w_1}}{x_2 - x_1} - \frac{q_t t}{A\varphi}\left(\frac{f_{w_2} - f_{w_1}}{x_2 - x_1}\right)$$

اما اینها همه تابعی از bt بود.

برای نمودار $= bt$

$$x_2 = L \qquad x_1 = 0 \qquad f_{w_1} = 1$$

$\left.\begin{array}{l} S_{w_2} \\ f_{w_2} \end{array}\right\}$ ام در چاه تولیدی

البته داده از نمودار باید.

$$\bar{S}_w = S_{w_2} - \frac{q_t t}{A\varphi L}\left(f_{w_2} - f_{w_1}\right)$$

$$\Rightarrow \bar{S}_w = S_{w_2} + \frac{q_t t}{A\varphi L}\left(1 - f_{w_2}\right)$$

if $\dfrac{q_t t}{A\varphi L} = Q \quad \Rightarrow \bar{S}_w = S_{w_2} + Q_i\left(1 - f_{w_2}\right)$

← میزان $\bar{S}_w$ پس از bt که f_{w_2} را داریم و تنها مجهول S_{w_2} است.

$$N_p = \frac{P.V.}{B_{o_i}}\left(\bar{S}_w - S_{w_i}\right)$$

... اینجا =)

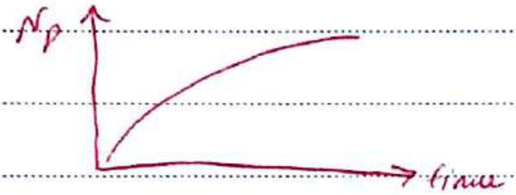
بسیار مهم.

برای پیروزی
تاریخ نزنیم.

$$\bar{S}_w = S_{w_2} + \frac{(1-f_{w_2})}{\left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{w_2}}}$$ ⇐ بعد از BT

f_{w_2} و S_{w_2}

منظور ه محل بررسی front یا در BT همان جای تولید ز است.



هدف محاسبه curve

روش

۱- بدست آوردن f_w و S_w ها یعنی بااستفاده از فرمولش که معلومه براساس K_r و μ

۲- محاسبه اشباع front یا S_{wf} و $\bar{S}_w$ قبل از front

۳- زمان بی‌بعد BT را حساب می‌کنیم $(t_D)_{BT}$

۴- محاسبه N_p تا BT از رابطه ⇐ $\bar{S}_w = S_{w_i} + PVI$

$$N_p = \frac{PV}{B_o}(\bar{S}_w - S_{w_i})$$

روابط از در این زمان
برقرارند.

$S_{w_i} < \bar{S}_w < S_{wf}$

$S_{wf} < \bar{S}_w < S_{w_{BT}}$

حال بعد از B.T. ⇐

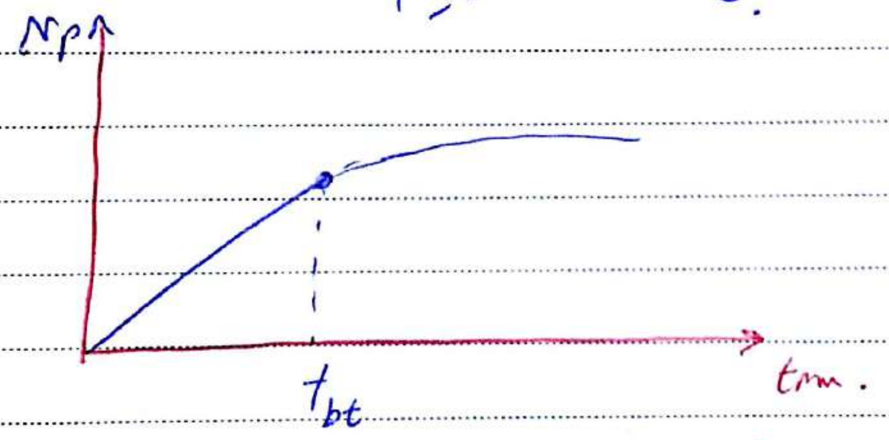
۱- در زمان مورد نظر بعد از BT یک $(t_D)_{t_2}$ انتخاب می‌کنیم.

۲- با رابطه‌ی قبلی داده شده $\bar{S}_w$ را بدست می‌آوریم.

که برای محاسبه $\bar{S}_w$ باید ابتدا f_{w_2} را بعد از BT حساب می‌کنیم

که در واقع از داده‌های چاه داریم. بعد از نمودار S_{w_2} را می‌یابیم.

و با رابطه دو صفحه قبل $\bar{S}_w$ را می‌یابیم.



در امتحان قبل از BT دو نقطه

و خود BT و همچنین بعد از BT سه نقطه را هم بررسی می‌کنیم.

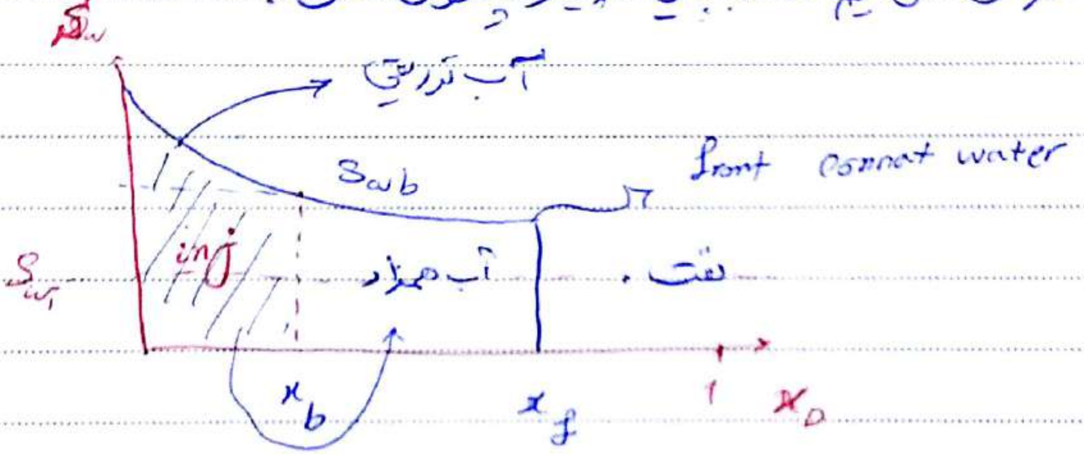
جابجایی آب همزاد . با چه

تا به حال به چه اهمیتی ندادیم و جابجایی نفت امتزاج ناپذیر است.

اما مدل برای رفع این مشکل

فرض ۱- بین آب تزریقی و آب مخزن اختلاط بصورت دیفیوژن و توده‌ای رخ نمی‌دهد.

۲- فرض می‌کنیم که جابجایی پایدار پیستونی است.


S_w
آب تزریقی
S_{wb}
front connat water
inj
آب همزاد
نفت
S_{wi}
x_b
x_f
1
x_D

قبل از تزریق حجم آب تا x_f $\Leftarrow$ volume of connat water

$\rightarrow$ $\boxed{A\varphi x_f S_{wi}}$ در زمان t_0 $\Leftarrow$

[illegible] نقطه‌ای که فرض کردیم آب تزریقی همه آب همزاد را تا x_b جابجا کرده است.

سیبی را با front محل تلاقی آب همزاد و نفت

PASHA

$$A\varphi x_f S_{wi} = A\varphi \int_{x_b}^{x_f} S_w \, dx = A\varphi \bar{S}_{wb} (x_f - x_b)$$

$$\bar{S}_w = \frac{x_2 S_{w2} - x_1 S_{w1}}{x_2 - x_1} - \frac{q_t t}{A\varphi} \frac{f_{w2} - f_{w1}}{x_2 - x_1}$$

$$\Rightarrow \bar{S}_{wb} = \frac{x_f S_{wf} - x_b S_{wb}}{x_f - x_b} - \frac{q_t t}{A\varphi} \frac{f_{wf} - f_{wb}}{x_f - x_b}$$

بسیار مهم.

با جایگذاری در رابطه *

$$\Rightarrow x_f (S_{wf} - S_{wi}) = x_b S_{wb} + \frac{q_t t}{A\varphi} (f_{wf} - f_{wb})$$

$$\Rightarrow x_f = \frac{q_t t}{A\varphi} \frac{f_{wf}}{S_{wf} - S_{wi}}$$

$$\Rightarrow x_b = \frac{q_t t}{A\varphi} \frac{f_{wb}}{S_{wb}}$$

front آب تزریقی
و آب همزاد

در واقع $\Rightarrow x_b = \frac{q_t t}{A\varphi} \left. \frac{\partial f_w}{\partial S_w} \right|_{S_{wb}}$

↓
پیشروی جبهه
Frontal Advance Eq

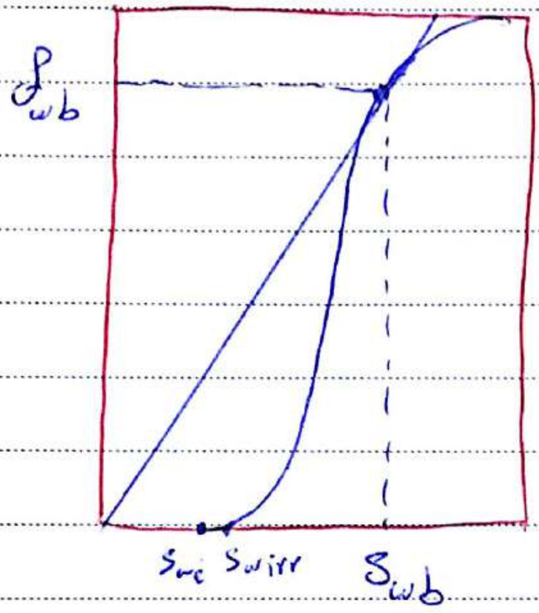
PASHA

⇐ با مقایسه دو معادله آخر صفحه قبل ⇐

$$\Rightarrow \boxed{\left.\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right|_{S_{wb}} = \frac{f_{wb}}{S_{wb}}}$$

پس در عمل داریم

رسم مماس ⇐



پس ⇐ برای یافتن S_{wb} و f_{wb} باید یک مماس از مبدأ؟ یا نقطه (0,0) بر منحنی fractional flow رسم کنیم.

viscosity water
polymer flooding

سیلاب‌زنی آب ویسکوز (رفتاری شبیه پلیمر دارد)

$$f_w = \frac{1}{1+\frac{K_{ro}}{K_{rw}}\frac{\mu_w}{\mu_o}}$$

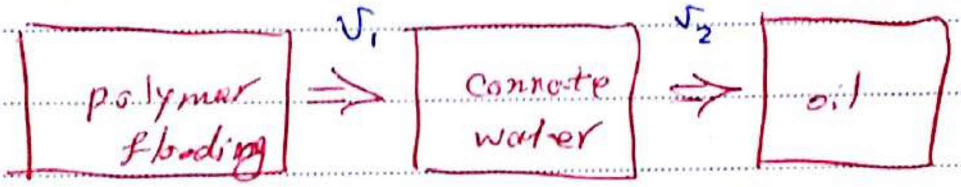
$$f = F(\mu)$$

فرض های پلیمر فلادینگ

سیستم به صورت پیستونی وارد می شود و اختلاط نداریم بین آب تزریقی و آب سازند.

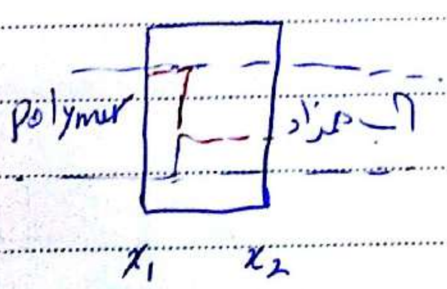
خواص سیال تزریقی در طول تزریق عوض نمیشه.

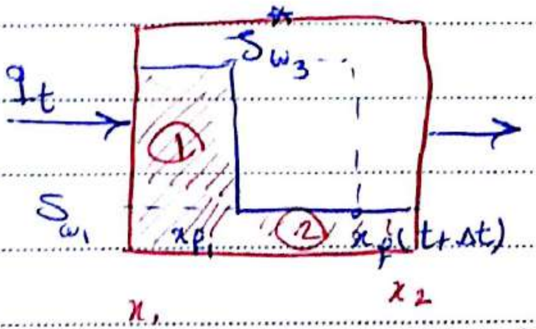
پلیمر آب همزاد را جابجایی کند و آب همزاد هم نفت را


polymer flooding
v_1
connate water
v_2
oil

از آنجایی که رفتار را پیستونی فرض کردیم سرعت ها یکی است پس تنها چیزی که فرق دارد fractional flow و اشباع متفاوت است.

برای حل ابتدا را از محل تلاقی پلیمر و آب همزاد می گیریم


polymer
آب همزاد
x_1
x_2


q_t
$S_{w_3}^*$
①
②
S_{w_1}
x_{f_1}
$x_f(t+\Delta t)$
x_1
x_2

$S_{w_3}^*$ ⇐ میزان اشباع آب تزریق ماده شیمیایی.

* پس در زمان (t) اشباع در مخزن در $S^*_{w_3}$ است. و پس از نقطه میزان front پلیمر به خط چین دوم می رسد.

حال موازنه مواد می نویسیم. in - out = Acc.

$$\text{(A)}\quad A\varphi\Big(\overbrace{S^*_{w_3}(x_{f_t}-x_1)}^{①}+\overbrace{S_{w_1}(x_2-x_{f_t})}^{②}\Big)$$

= میزان آب در لحظه t در مخزن که شامل آب همزاد و آب سیال تزریقی است

در زمان t+Δt ⇐

$$A\varphi\Big(S^*_{w_3}(x_{f_{t+\Delta t}}-x_1)+S_{w_1}(x_2-x_{f_{t+\Delta t}})\Big)$$

حال جایگذاری در رابطه موازنه

$$A\varphi\Big(S^*_{w_3}(x_{f_{t+\Delta t}}-x_1)+S_{w_1}(x_2-x_{f_{t+\Delta t}})\Big)-$$

$$A\varphi\Big(S^*_{w_3}(x_{f_t}-x_1)+S_{w_1}(x_2-x_{f_t})\Big)$$

$$=A\varphi(x_{f_{t+\Delta t}}-x_{f_t})(S^*_{w_3}-S_{w_1})$$

ترم Acc ⇐

اما ورودی ⇐

$$\begin{cases}\text{input}\Rightarrow q_t\,\Delta t\,f^*_{w_3}\\ \text{output}\Rightarrow q_t\,\Delta t\,f_{w_1}\end{cases}$$

جابجایی در معادله موازنه ACC = in-out

A.CC

$$A\varphi\left(x_{f_{t+\Delta t}}-x_{f_t}\right)\left(S_{w_3}^*-S_{w_1}\right)=q_t\,\Delta t\left(f_{w_3}^*-f_{w_1}\right)$$

$$\frac{x_{f_{t+\Delta t}}-x_f}{\Delta t}=\frac{q_t}{A\varphi}\cdot\frac{f_{w_3}^*-f_{w_1}}{S_{w_3}^*-S_{w_1}}$$

$$\Rightarrow \frac{dx_f}{dt}=\frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{f_{w_3}^*-f_{w_1}}{S_{w_3}^*-S_{w_1}}\right)$$

همون معادله سرعت.

$S_{w_3}^*$ باید در این معادله صدق کند ⇐

$$\Rightarrow \left(\frac{dx}{dt}\right)_{S_{w_3}^*}=\frac{q_t}{A\varphi}\left(\frac{\partial f_w^*}{\partial S_w^*}\right)_{S_{w_3}^*}$$

حال با مقایسه با معادله سرعت front ⇐

$$\left(\frac{\partial f_w^*}{\partial S_w^*}\right)_{S_{w_3}^*}=\frac{f_{w_3}^*-f_{w_1}}{S_{w_3}^*-S_{w_1}}$$

* تا اینجا فرض این بود امتزاج ناپذیر است اما ما در واقع در interface امتزاج پذیری داریم پس سرعت باید یکی باشد.

در نتیجه ⇐ misible یا mixing نداریم.

$$f_{w_3}^* = \frac{q_{\text{پلیمر}}}{q_{\text{پلیمر}} + q_{\text{نفت}}}$$

v_1 = آب همزاد ، v_3^* مادهٔ شیمیایی

$$v_1 = \frac{f_{w_1} q_t}{A\varphi S_{w_1}}$$

$$v_3^* = \frac{f_{w_3}^* q_t}{A\varphi S_{w_3}^*}$$

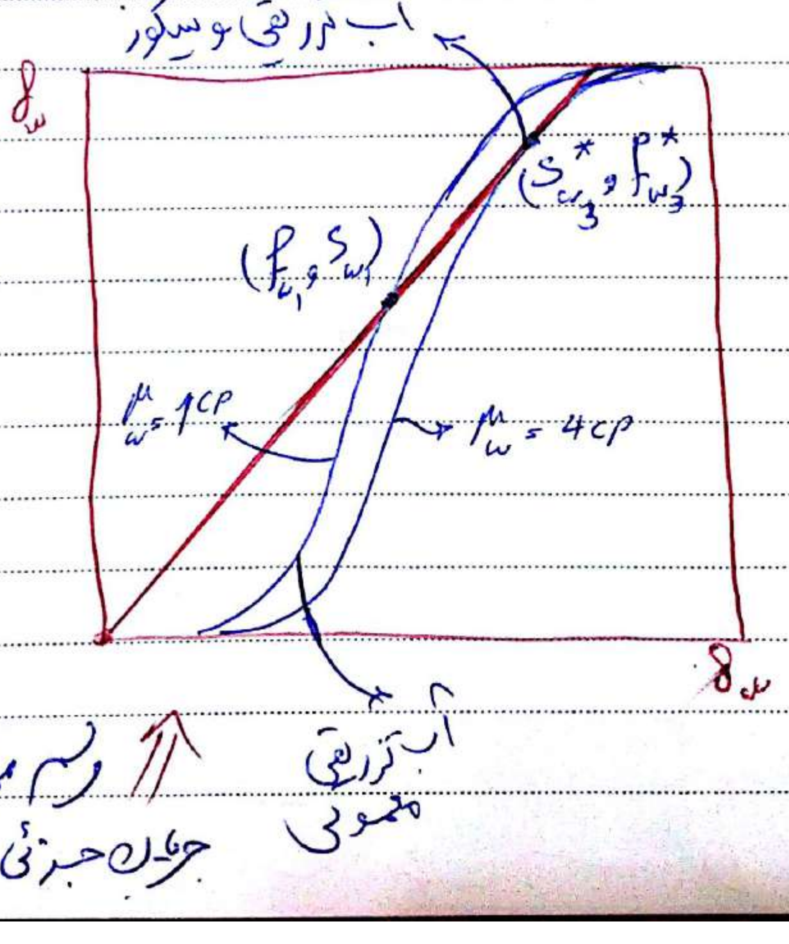
$\Longrightarrow$ باید $v_1 = v_3^*$

$$\Rightarrow \frac{q_t}{A\varphi}\frac{f_{w_1}}{S_{w_1}} = \frac{q_t}{A\varphi}\frac{f_{w_3}^*}{S_{w_3}^*}$$

جایگذاری در رابطه آخر صفحه قبل

$$\left(\frac{\partial f_w^*}{\partial S_w^*}\right)_{S_{w_3}^*} = \frac{f_{w_3}^* - f_{w_1}}{S_{w_3}^* - S_{w_1}} = \frac{f_{w_1}}{S_{w_1}} = \frac{f_{w_3}^*}{S_{w_3}^*}$$

پس از روی شیب این خط رسم شده می‌توان مشتق را یافت که برای هر دو یک مقدار شیب می‌دهد.


آب تزریقی ویسکوز
f_w
$(S_{w_3}^*, f_{w_3}^*)$
(f_{w_1}, S_{w_1})
$\mu_w = 1cp$
$\mu_w = 4cp$
S_w
آب تزریقی معمولی

$\Uparrow$ رسم مماس از مبدأ به منحنی جریان جزئی سیال تزریقی.

H.W ازمایش درسالی در waterflooding فصل 3

به ترتیب شماره سوال شماره لیستم تحویل بدهم.

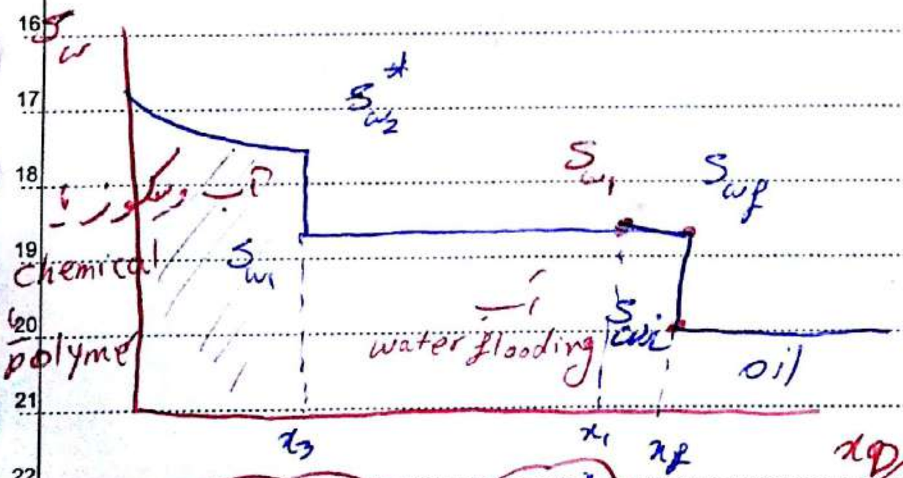
پروژه نصف شده Road map

پروژه های مشابه مخزن یا میدان داده شده انجام شده در ~~[illegible]~~ دنیا را لیست کنیم. مخزن A

مسیر حل برای اندازه گیری RF

$N_p = Ah\varphi(\bar{S}_w - S_{w_i})/B_o$

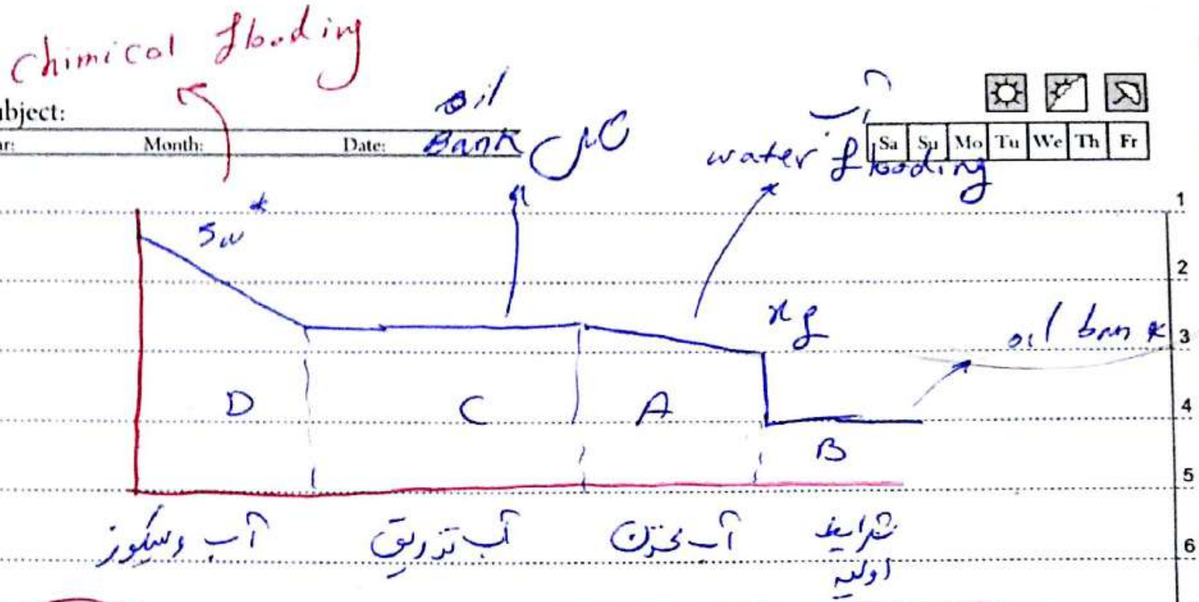
در ویسکوز واتر فلادینگ ⇐


S_w
$S_{w_2}^*$
S_{w_1}
S_{wf}
آب ویسکوز یا chemical polymer
S_{w_1}
آب waterflooding
S_{wi}
oil
x_3
x_1
x_f

x_D

$$\bar{S}_w = \frac{\underbrace{\int_0^{x_3} S_w^* \, dx}_{D} + \underbrace{\int_{x_3}^{x_1} S_{w_1} \, dx}_{C} + \underbrace{\int_{x_1}^{x_f} S_w \, dx}_{A} + \underbrace{\int_{x_f}^{x_L} S_{w_i} \, dx}_{B}}{L}$$

Subject:
Year: Month: Date:


Chimical flooding
oil
Bank
water flooding
آب
S_w^*
x_f
oil bank
D
C
A
B
آب ویسکوز
آب تزریق
آب مخزن
شرایط اولیه

$$\bar{S}_w = S^*_{w_3}\frac{x_3}{L} + S_{w_1}\left(\frac{x_1 - x_B}{L}\right) + \bar{S}_{w_1}\left(\frac{x_f - x_1}{L}\right) + S_{w_i}\left(\frac{L - x_f}{L}\right)$$

پس نیازمند یافتن x ها هستیم ⇐

بی بعد

$$\bar{S}_w = x_{D_3}\bar{S}^*_{w_3} + (x_{D_1} - x_{D_3})S_{w_1} + (x_{Df} - x_{D1})\bar{S}_{w_1} + (1 - x_{Df})S_{w_1}$$

اما هرکدام از x را حساب کنیم.

$$\bar{S}^*_{w_3} = S^*_{w_3} + \left(\frac{t_D}{x_{D_3}}\right)\left(1 - f^*_{w_3}\right)$$

$$\bar{S}_{w_1} = \frac{x_{Df}S_{wf} - x_{D_1}S_{w_1}}{x_{Df} - x_{D1}} - t_D\frac{f_{wf} - f_{w_1}}{x_{Df} - x_{D_1}}$$

PASHA

$$\begin{cases} x_{D3} = f'^{*}_{w3}\, t_D \\ x_{D1} = f'_{w1}\, t_D \\ x_{Df} = f'_{wf}\, t_D \end{cases}$$

تا قبل از BT میزان Np با آب تزریقی یکسان است

$N_p = AL\varphi\, t_{Df} / B_o$

$\Rightarrow \boxed{N_p = \dfrac{AL\varphi}{f'_{wf} B_o}}$ ⇐ قبل از BT آب تزریقی معمولی

$t_{Df} < t_D < t_{D_1}$

$$\boxed{\bar{S}_w = S_{w2} + t_{D2}(1 - f_{w2}) = S_{w2} + \frac{1 - f_{w2}}{f'_{w2}}}$$

$t_{D1} = \dfrac{1}{f'_{w1}}$ ✓

$$\boxed{\bar{S}_w = S_{w2} + \frac{1 - f_{w2}}{f^{*}_{w2}}}$$ ✓

برای water flooding معمولی

Subject:
Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

برای آب و پلیمر بعدش ⇐

$$\boxed{\bar{S}_w = x_{D_3}\bar{S}^*_{w_3} + (1-x_{D_3})S_{w_1}}$$

$x_{D_3} = 1$ or $t_D = \frac{1}{f'^*_{w_2}}$ زمانی که طول [illegible] BT بشود.

for $t_D \geq \frac{1}{f'^*_{w_2}}$ ⟵ وقتی BT شده

$$\boxed{\bar{S}^*_w = S^*_{w_2} + t_{D_2}(1-f^*_{w_2}) = S^*_{w_2} + \frac{1-f^*_{w_2}}{f'^*_{w_2}}}$$

نکته: $S_{wf} < S_{w_1}$ است یعنی واترفلادینگ نفت را جابجا کرده و یعنی عملیات خوب است پس در سمت چپ نمودار نفت بیشتره

اما اگر $S_{wf} > S_{w_1}$ باشد غیر منطقی است. یعنی واترفلاد معمولی نفت را جابجا کرده و نفت مانده و پلیمرفلادینگ ثابت می ماند. در معادلهٔ سه تکه‌ای ترم وسطی صفر می شود زیرا $x_2 = x_1$ می شود.

PASHA

اطلاعات مورد نیاز برای آنالیز آب‌زنی

1- کروهای K_r

2- μ_o و μ_{wc} connat water

3- μ آب ویسکوزی که میزنیم تو چاه و مخزن

سیر امتحان

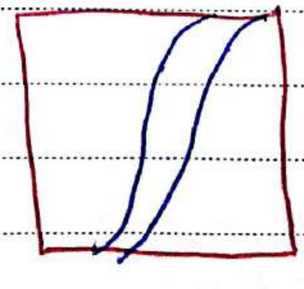
1- رسم دوتا f_w ← یکی برای آب معمولی تزریقی

و یکی برای آب ویسکوز تزریقی. (در یک نمودار دوتا کرو را می‌زنیم

② و برای هر جدول ⇐ S_{wf} و f_{wf} و f'_{wf} ⇐ از S_{wc} مماس

S_{w_1} و f_{w_1} و f'_{w_1} از مبدأ به f_w

$S^*_{w_3}$ و $f^*_{w_3}$ و $f'^*_{w_3}$ از مبدأ به (f_{w_1}، S_{w_1}) رسم می‌شود



نکته مهم

③ زمان‌های بعد را حساب می‌کنیم.

④ x ها بی بعد

⑤ ی ها بر حسب N_p

سوم اما زمانی که $S_{w_2} > S_{w_3}^*$ یعنی BT آب ویسکوز

$$t_D = \frac{1}{(f_w'^*)_{S_{w_2}}} \Rightarrow \bar{S}_w = S_{w2} + \frac{1-f_{w_2}^*}{f_{w_2}'^*}$$

اما در امتحان زمان های زیر حساب شوند ⇐ N_p در این زمان ها حساب شود.

$t = 0$

$t_1 < t_{D_2}$ $t_2 = t_{D_2}$. $t_{D_2} < t_3 < t_{D_1}$

$t_4 = t_{D_1}$. $t_5 = t_{D_3^*}$ $t_6 > t_{D_3^*}$

نکته: N_p در همه این زمان ها حل شود و نهایتاً نمودار بر حسب زمان رسم شود.

Chimical flooding

PASHA

chemical flooding.

فرض: تا بحال فرض این بود که chemical ها جذب نشوند.

اما در اینجا فرض جذب سطحی مواد شیمیایی روی سطح سنگ مخزن.

فرض های مدل

1- یک ماده شیمیایی در sys

2- 1.D جریان

3- isotermal

4- uniform

5- نفت مخزن با surfactant قاطی نمی‌شود.

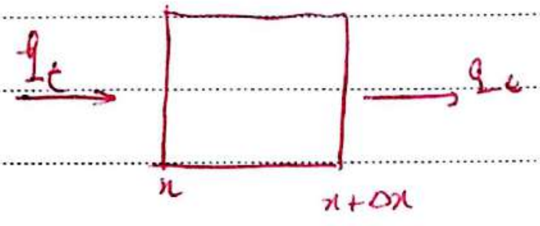
6- gravity نداریم

7- incompresible سیال

8- mass transfer بین سیالات رخ نمی‌دهد.

9- جذب ماده شیمیایی روی سطح سنگ
یک فرآیند (irre) غیر قابل برگشت پذیر

نکته: هر جایی که ماده شیمیایی نباشد آن بخش از مخزن EOR ندارد پس حجم و مقدار ماده باید معلوم باشد.



موازنه بالانس جرم روی ماده

شیمیایی i با غلظت C_i

منظور ورودی پیست منظور جزء i

$$\text{inlet} = q_t f_w C_i\big|_x \Delta t$$

$$\text{outlet} = q_t f_w C_i\big|_{x+\Delta x} \Delta t$$

f_w عوض می‌شود.
C_i هم عوض می‌شود

$$ACC_1 = \left(C_i S_w\big|_{t+\Delta t} - C_i S_w\big|_t\right) A \Delta x \varphi$$

متغیر ما saturation → تغییر C_i + به خاطر تغییر اشباع

$$ACC_2 = \left(A_i \underbrace{\underbrace{\rho_{gr}}_{\text{دانسیته سنگ}} \underbrace{(1-\varphi)\Delta x A}_{\text{حجم}}}_{\text{جرم}}\right)\Big|_{t+\Delta t} - \left(A_i \rho_{gr} (1-\varphi)\Delta x A\right)\Big|_t$$

به خاطر جذب ماده شیمیایی روی سنگ

A_i: سطح واکش که جلوتر نشان می‌دهیم.

$$ACC_{total} = ACC_1 + ACC_2$$

$$in - out = ACC_{tot}$$

PASHA

در آزمایشگاه وابسته به سنگ و pore size و سیال است.

$A_i \Leftarrow$ میزان جذب ماده شیمیایی روی سطح

واحد $A_i = \dfrac{\text{mass ماده}}{\text{〃 سنگ}}$ ρ_{grain}

$$\left(C_i S_w\big|_{t+\Delta t} - C_i S_w\big|_t\right) A\varphi\Delta x + \left(A_i \rho_{gr} (1-\varphi) A \Delta x\right)\Big|_{t+\Delta t} - \left(A_i \rho_{gr} (1-\varphi) A \Delta x\right)\Big|_t = q_t f_w C_i\big|_x \Delta t - q_t f_w C_i\big|_{x+\Delta x} \Delta t$$

$\times \dfrac{1}{\Delta x \Delta t A}$

$$-\frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial (f_w C_i)}{\partial x} = \frac{\partial (C_i S_w)}{\partial t} + \frac{1}{\varphi}\frac{\partial \left(A_i \rho_{gr} (1-\varphi)\right)}{\partial t}$$

تغییر متغیر برای حل معادله بالا چون 3 مجهول و 2 معلوم است.

$$\hat{C}_i = \frac{A_i \rho_{gr} (1-\varphi)}{\varphi}$$

فقط A_i متغیر است الان

جایگذاری

$$\Rightarrow -\frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial}{\partial x}(f_w C_i) = \frac{\partial}{\partial t}(C_i S_w) + \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t}$$

$t_D = \dfrac{q_t t}{A\varphi L}$ و $x_D = \dfrac{x}{L}$ بعد بی بعد می کنیم:

$$\frac{\partial}{\partial x_D}(f_w C_i) + \frac{\partial}{\partial t_D}(C_i S_w) + \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D} = 0$$

or ⇒
$$f_w \frac{\partial C_i}{\partial x_D} + C_i \frac{\partial f_w}{\partial x_D} + C_i \frac{\partial S_w}{\partial t_D} + S_w \frac{\partial C_i}{\partial t_D} + \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D} = 0$$

frontal Advanced equ. قبلاً

داشتیم اگه همینطوری بی بعد کنیم.

$$-\frac{q_t}{A\varphi}\frac{\partial f_w}{\partial x} = \frac{\partial S_w}{\partial t} \Rightarrow \boxed{\frac{\partial f_w}{\partial x_D} + \frac{\partial S_w}{\partial t_D} = 0}$$

$$\Rightarrow f_w \frac{\partial C_i}{\partial x_D} + C_i \left(\overbrace{\cancel{\frac{\partial f_w}{\partial x_D} + \frac{\partial S_w}{\partial t_D}}}^{=0} \right) + S_w \frac{\partial C_i}{\partial t_D} + \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D} = 0$$

0 ⇐

$$\Rightarrow \boxed{f_w \frac{\partial C_i}{\partial x_D} + S_w \frac{\partial C_i}{\partial t_D} + \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D}} \quad (**)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D} = \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial C_i}\frac{\partial C_i}{\partial t_D} \Rightarrow \underbrace{\frac{\partial \hat{C}_i}{\partial C_i}} = D_i$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial t_D} = D_i \frac{\partial C_i}{\partial t_D}$$

** جایگذاری در معادله ← صفحه بعد.

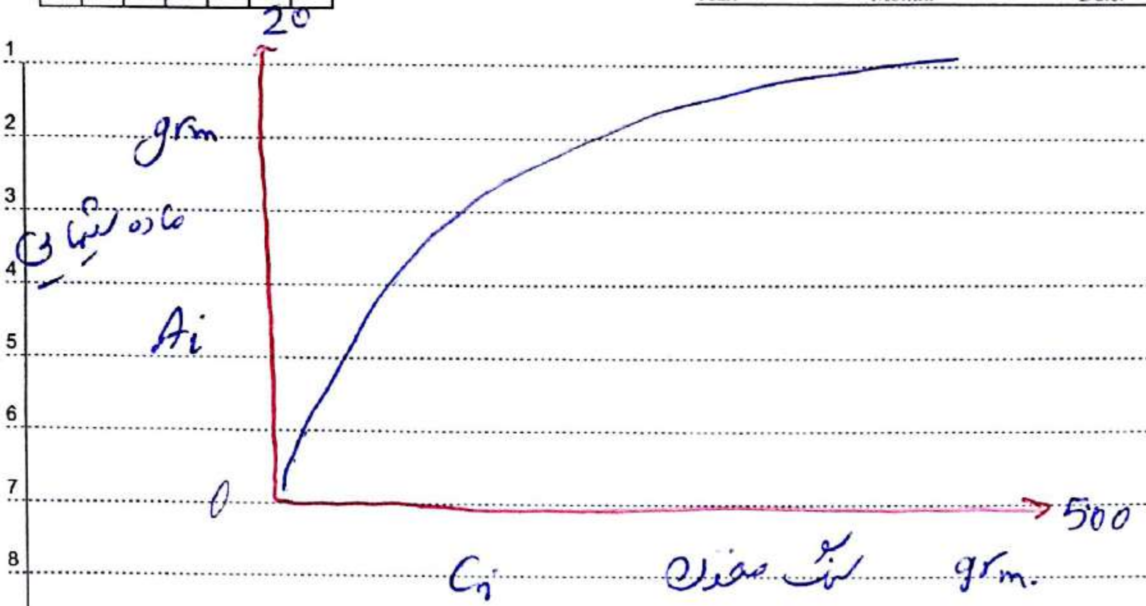
تغییرات جذب نسبت به غلظت ماده چون $\hat{C}_i$ عملکرد A_i متغیر بود.

در آزمایشگاه بدست می آید ↑

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

$(A_i - C_i)$ نمودار

Subject:
Year: Month: Date:



$$D_i = \frac{\partial \hat{C}_i}{\partial C_i} = \frac{\partial}{\partial C_i}\left(A_i \rho_{gr} \frac{1-\varphi}{\varphi}\right) \Rightarrow$$

$$\boxed{D_i = \rho_{gr} \frac{(1-\varphi)}{\varphi} * \frac{\partial A_i}{\partial C_i}}$$

۱ شیب نمودار بالا

۲ جایگذاری معادله D_i در (**)

$$\Rightarrow f_w \frac{\partial C_i}{\partial x_D} + S_w \frac{\partial C_i}{\partial t_D} + D_i \left(\frac{\partial C_i}{\partial t_D}\right) = 0 \Longleftarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{(S_w + D_i) \frac{\partial C_i}{\partial t_D} + f_w \frac{\partial C_i}{\partial x_D} = 0}$$

معادله (**) نهایی.

$C_i = f(t_D, x_D)$

نکته: می خواهیم بدانیم C_i ثابت با چه سرعتی حرکت می کند.

$$dC_i = \frac{\partial C_i}{\partial x_D} dx_D + \frac{\partial C_i}{\partial t_D} dt_D$$

حال اگر C_i را ثابت فرض کنیم که بخواهیم سرعت حرکت آن را بدست آوریم ⇐ $dC_i = 0$

$$\Rightarrow \boxed{\left(\frac{dx_D}{dt_D}\right)_{C_i} = -\frac{\left(\frac{\partial C_i}{\partial t_D}\right)}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial x_D}\right)} = v_{C_i}}$$

از معادله قبلی

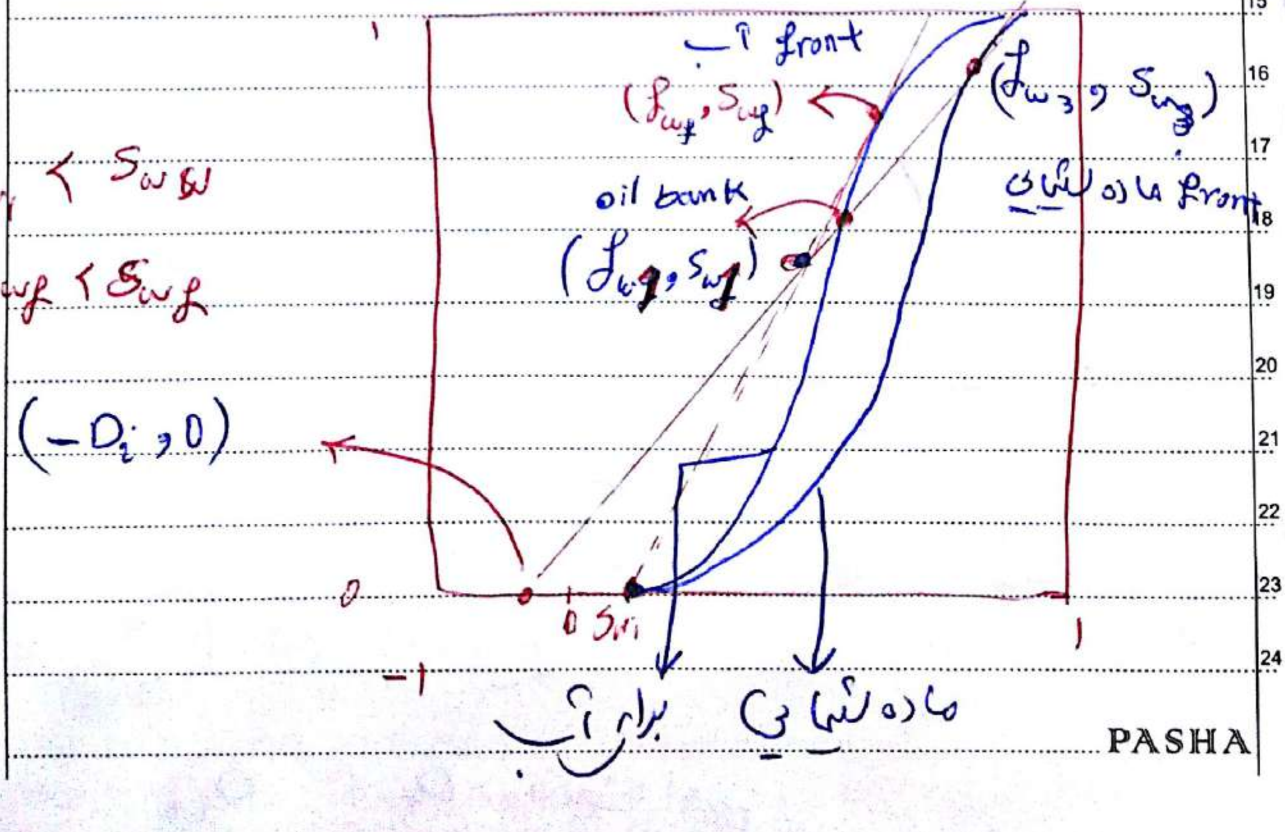
$$-\frac{\left(\frac{\partial C_i}{\partial t_D}\right)_{x_D}}{\left(\frac{\partial C_i}{\partial x_D}\right)_{t_D}} = \frac{f_w}{S_w + D_i}$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{C_i} = \frac{f_w}{S_w + D_i}}$$

v_{C_i} ⇐ سرعت یک غلظت ثابت مشخص

$S_{w1} < S_{wBT}$

$S_{wf} < S_{wf}$


1
front آب
(f_{wf}, S_{wf})
(f_{w3}, S_{w3})
front ماده شیمیایی
oil bank
(f_{w1}, S_{w1})
$(-D_i, 0)$
0
0 S_{wi}
1
-1
برای آب
ماده شیمیایی

توضیح نمودار ⇐ از S_{wi} به نمودار آب مماس می کنیم

تا front آب را بدست آوردیم.

از ($-D_i$ و 0) به نمودار ماده شیمیایی مماس کنیم
(محور x)

تا front ماده شیمیایی بدست آید.

محل تقاطع این مماس با نمودار f_w آب می شود

front نفت ما.

سه نمودار صفحه قبل را اشتباه نوشتیم.

$$\boxed{S_{wf} < S_{w_1} < S_{w_3}}$$ صحیح.

$$t_{D_f} = \frac{S_{wf} - S_{wi}}{f_{wf}} = \frac{1}{f'_{wf}} \qquad t_{D_1} = \frac{1}{f'_{w_1}}$$

$$t_{D_3} = \frac{S^*_{w_3} + D_{ii}}{f_{w_3}} = \frac{S_{w_1} + D_{ii}}{f_{w_1}} = \frac{1}{f'^*_{w_3}}$$

D_{ii} ⇐ D_i در حالت اولیه.

Subject:
Year: Month: Date:

$$v^*_{D_3} = \frac{f^*_{w_3} - f_{w_1}}{S^*_{w_3} - S_{w_1}}$$

[illegible]

برای همه
سیستم مراحلش مثل قبلی .

فقط در مرحله‌ی جذب
procedure

1- دوتا f_w ها را رسم کن برای آ، ب و معادله تعادلی
$\frac{dA_i}{dc_i}$ یا شیب

2- D_i را حساب کن $\leftarrow D_i = \frac{\hat{C}_i}{C_i}$

3- مماس‌ها را برای محاسبه S_{wf} و f_{wf} رسم کن روی نمودار
آ، ب

4- از $(-D_i, 0)$ به طور دلخواه مماس کن تا $f^*_{w_2}$ و $S^*_{w_3}$
f_{w_1} و S_{w_1}

5- محاسبه سرعت‌های فرانت‌های مختلف

$$v^*_{D_3} = \frac{f^*_{w_3} - f_{w_1}}{S^*_{w_3} - S_{w_1}}$$

$$v_{D_1} = \left(\frac{\partial f_w}{\partial S_w}\right)_{S_{w_1}}$$

$$v_{D_1} = \frac{f_{w_1}}{S_{w_1} - S_{w_i}}$$

$$v_{D_f} = \frac{f_{wf}}{S_{wf} - S_{wi}}$$

مرحله 6 ⇐ مطالعه BT برای همین front ⇐

$$t_{D_f} = \frac{S_{wf} - S_{wi}}{f_{wf}} = \frac{1}{f'_{wf}}$$

$$t_{D_1} = \frac{1}{f'_{w_1}} \quad \text{for } S_{w_1} > S_{wf}$$

$$t_{D_1} = \frac{S_{w_1} - S_{wi}}{f_{w_1}} \quad \text{for } S_{w_1} < S_{wf}$$

$$t_{D_3} = \frac{S^*_{w_3} - S_{w_1}}{f^*_{w_3} - f_{w_1}}$$

مرحله ⑦ ⇐ مثل واتر فلادینگ ⇐

مرحله 8 ⇐

$N_p = (\bar{S}^*_{w_3} - S_{wi}) \frac{A\varphi L}{B_o}$. با $\bar{S}^*_{w_3} = S^*_{w_3} + t_{D_3}(1-f^*_{w_3})$

$$\Rightarrow \bar{S}^*_{w_2} = S^*_{w_2} + \frac{1-f^*_{w_3}}{f'^*_{sw_2}}$$

$$N_p = (\bar{S}^*_{w_2} - S_{wi}) \frac{A\varphi L}{B_o}$$

Losal

نمک اگر مقدار نمک را کم کنیم losal

〃 با یون ها بازی کنیم engineering water

total acid number و مقدار losal را افزایش می یابد.

core آغشته به نفت را losal تزریق RF اولیه را می دهد

〃 مقدار نمک را تغییر دهیم و بعد 〃 〃 RF ثانویه را

دما ورودی ولوب کناری

از bj-inj-log استفاده می شود کاتیون ها موثر است.

تمرین ⇐ 2 فصل 3 کتاب whil hete سوال شماره 17

تا هفته اول دی ماه ✓✓

یا flooding است

یا کاهش IFT

Surfactant
alternated

flooding => کاهش نیروی سطحی

به دو روش primery و tersiary است

روش اول => قادر کردن و کم کردن S_o

دلتا: روش tersiary دقیقاً مثل ~~waterflood~~ سیلابی

که یک قبل است همه چیزش مثل اوند.

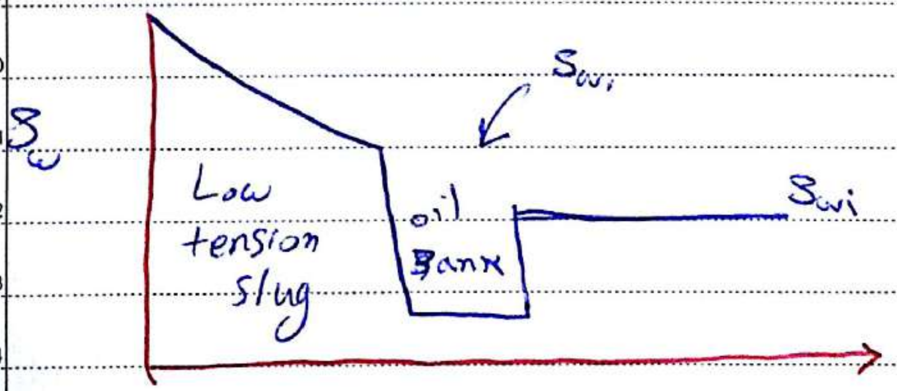
روش دوم => low tension که نفت به اشباع کاهش نیافتنی

رسیده است. (کاهش IFT) $S_o = S_{or}$

تفاوت با قبلی اونو از اول می‌زنیم. ولی الان همه چیز تمام شده

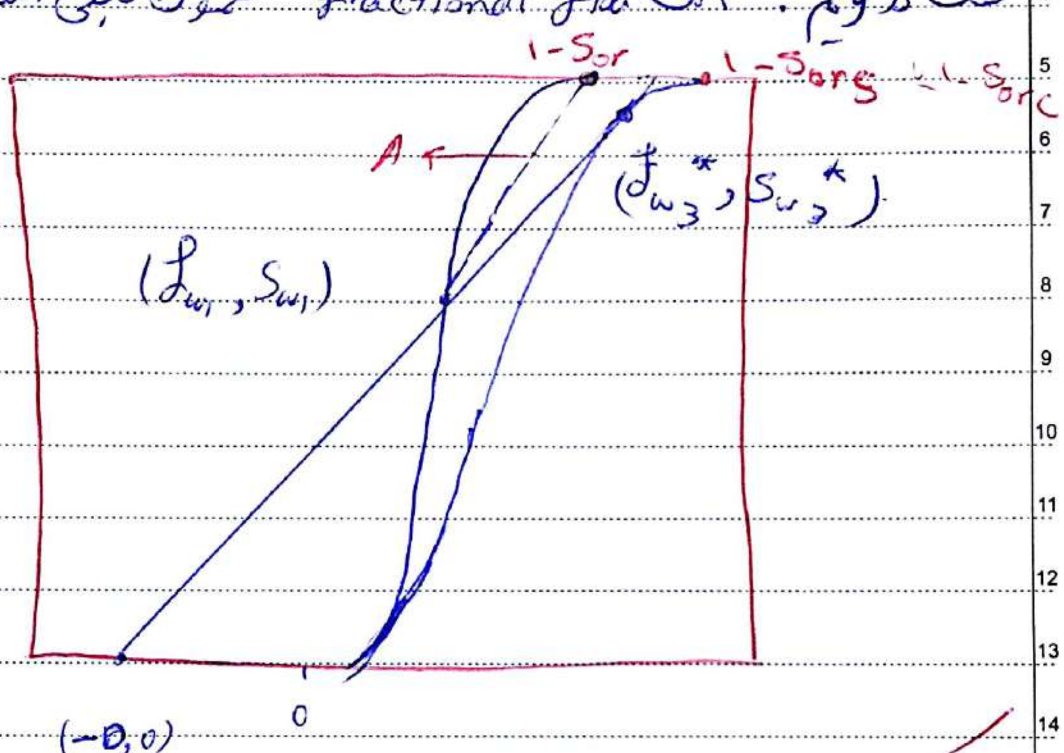
و باید در این حالت S_{or} است که oil Bank عوض شده زیرا

ما در این حالت این S_{or} را جا به جا می‌کنیم.



Subject:
Year: Month: Date:
Sa Su Mo Tu We Th Fr

در ناحیه oil bank ما اشباع از اشباع اولیه آب کمتر است چون نفت داریم. اما fractional flow همون قبلی است.



نکته: سرعت از خط بین 1-S_{or} و نقطه (f_{w_1}, S_{w_1}) که oil Bank است بدست می‌آید که شیب خط A است.

مشخصه S_{ors} (اثر اشباع کاهش یافتنی در کمیکال یا سورفکتنت)

اما معادلات =>

$$\boxed{v_{D_o} = \frac{1-f_{w_1}}{1-S_{or}-S_{w_1}}}$$ ⇐ سرعت oil bank

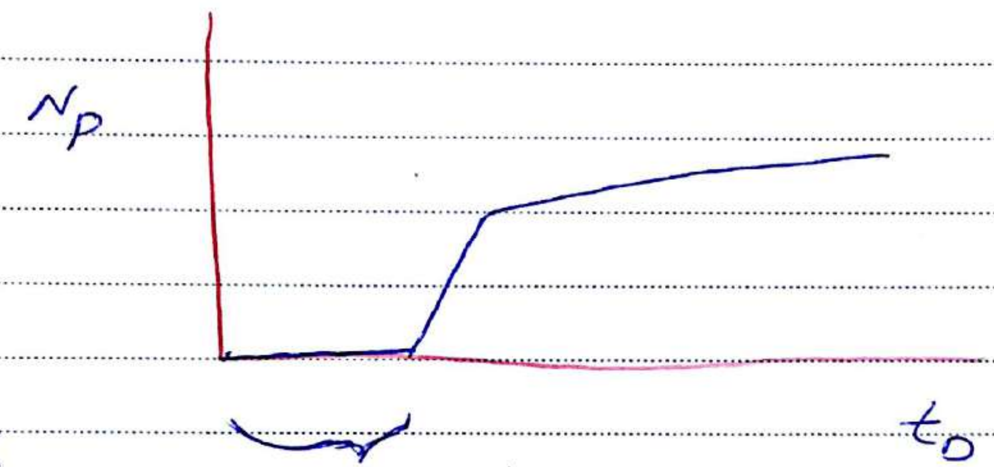
$$\boxed{t_{D} = \frac{1}{v_{D_o}} = \frac{1-S_{or}-S_{w_1}}{1-f_{w_1}}}$$ زمان BT

$$v_{D_3} = \frac{f_{w_3}^*}{S_{w_3}^* + D_i}$$

سرعت جبهه‌ی ماده شیمیایی

$$t_D = \frac{1}{v_{D_3}} = \frac{S_{w_3}^* + D_i}{f_{w_3}^*}$$

و DT 〃 〃



ابتدا تولید آب نداریم چون [illegible] آب جلوی نفت است

* بحث ما بقیش همون قبلی هاست. *

⇐ ما عمدتاً از slug ماده شیمیایی استفاده می‌کنیم و به دلیل گران بودن و فرض پیستون لایک است

اما نکته مهم تستش ⇐ اگر جذب روی سنگ داشته باشیم زمان رسیدن جبهه شیمیایی به چاه تولیدی برابر است

جذب به سنگ بشود اما دفع نشود!

$\boxed{t_D = 1 - S_{or} + D_i}$ $\boxed{v_{D_3} = \frac{1}{t_D}}$ <= یا

⇐ ایده‌آل ترین حالت تزریق Slug ⇐ اینقدر اسلاگ تزریق کنیم که به اندازه‌ی D_i باشد یعنی قبل از چاه تولید تمام نشود و بعد از چاه تولیدی تولید نشود.

پس D_i پور والیوم باید تزریق شود. ⇐ $\boxed{D_i = t_{D_0}}$

P.V

حال بررسی فرض ها

⇐ miscible بودن بین تزریق و آب سازند.

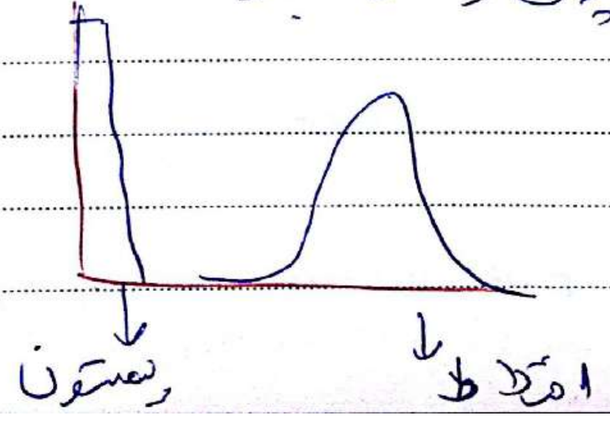
Difusion دیفیوژن

این اختلاط به دو صورت است.

Dispesion دیسپرژن

پس وقتی اختلاط شدید است میزان تزریق را بیشتر می‌کنیم.

هرچه این نمودار پهن تر اختلاط بیشتر.



Subject:
Year: Month: Date:

بررسی دیفیوژن ⇐

$$m_{Bx} = -D_{BA} \cdot A \cdot \frac{\partial C_B}{\partial x}$$

↓
فلاکس انتقال

اما در محیط متخلخل φ و τ داریم.

$$D_{aB.A} = \frac{D_{BA}}{F_R\, \varphi}$$

D_{BA} → در الکتریک

φ → تخلخل

اما این دیفیوز ضعیف است

$D_{aB.A}$ ↓ محیط متخلخل

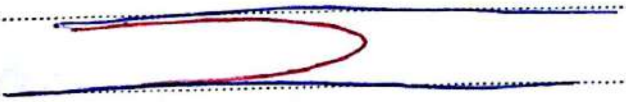
F_R ↓ formation Resistivity factor

φ برای سطح عبور

F_e به پیچیدگی و τ و عدم مستقیم بودن مسیر ربط دارد.

یک دیسپرژن در چهار علت به وجود می‌آید در مهندسی مخزن

1- محیط یک محیط capilary tube است پس سرعت در front و دیواره‌ها سرعت متفاوت است. پس به همین دلیل با هم min می‌شوند.

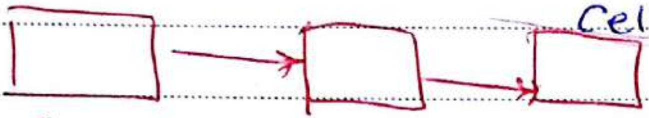


2. تغییرپذیری محیط متخلخل. آب ورودی با بخشی از نفت mix می‌شود. و این mix شده به pore بعدی رفته و با بخشی

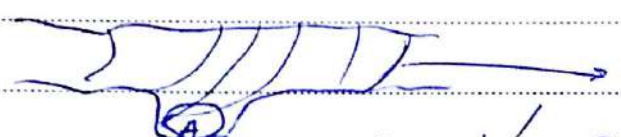
PASHA

از نفت که در مرحله قبل مانده بعداً mix می شود و همین منوال

طی می شوند. تئوری pores as series of mixing cells



③ تئوری دوم = Stagnant pockets <= (پاکت راکد)

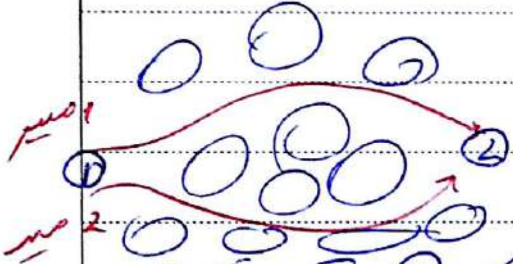


مسیر های آب

در مرحله اول Ⓐ نفت راکد است

و هر بار آب تزریق می شود. بخشی از این نفت mix می شود

* 4- تغییرات مسیر حرکت =>



آب هر دو مسیر را می رود حال اگر

طول مسیرها متفاوت باشد از نقطه ① به ② آب تزریقی در

زمان های مختلفی می رسد. باعث mixing می شود.

مدلسازی mixing

dispersion ماده B در A.

$$\hat{m}_{Bx} = -\underbrace{K_L}_{\text{ضریب توزیع}} A \frac{\partial C_B}{\partial x}$$

K_L => واحد طولی است.

A => مساحت مقابل جریان

PASHA

فرضیات نوشتن موازنه مواد:

1- سیال B ، A را جابجا کند

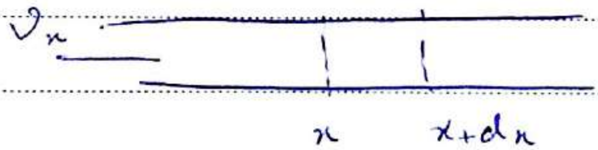
2- جریان تک فازی

3- سیالات تراکم ناپذیر

4- mobility Ratio = 1

5- سرعت ثابت و سطح مقطع ثابت و جریان در جهت x

اعمال فرض و حل مسئله



inlet

$$\Rightarrow \left(v A \varphi C_B \Big|_x + K_L A \varphi \frac{\partial C_B}{\partial x}\Big|_x \right) \Delta t$$

out let

$$\Rightarrow \left(v A \varphi C_B \Big|_{x+dx} + K_L A \varphi \frac{\partial C_B}{\partial x}\Big|_{x+dx} \right) \Delta t$$

Acc.

$$\Rightarrow \left(A dx \varphi C_B \Big|_{t+dt} - A dx \varphi C_B \Big|_t \right)$$

بین ورود از Convection و dispersion است.

جایگذاری در MBE => طرفین به dxdt تقسیم =>

$$\boxed{\frac{\partial C_B}{\partial t} = -v\frac{\partial C_B}{\partial x} + K_L\frac{\partial^2 C_B}{\partial x^2}}$$

=> معادله convection - dispersion

دیفیوژن در مقیاس مولکول و با سرعت کم

دیسپرژن در مقیاس ادی ها و با سرعت بیشتر است.

برای حل معادله به 2 B.C و 1 I.C نیاز است.

شرایط مرزی و اولیه

I.C => at $t=0$ all x $C_B=0$ هیچ دیسپرژنی نشده

B.C.1 for $x=0$ $C_B=1$

B.C.2 for $x\to\infty$ $C_B=0$ با غلظت در طول مشخص

=> نرمالایز کردن معادله. (معادله را همگن حل می‌کنیم.)

$$C_B = \frac{C_{B\,actual} - C_{B\,initial}}{C_{B\,injected} - C_{B\,initial}} \Rightarrow 0 < C_B < 1$$

concentration ماده B

PASHA

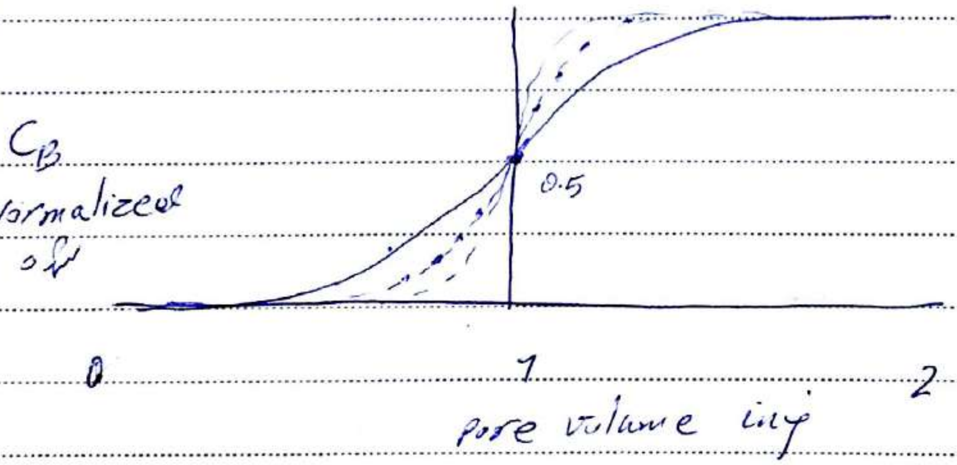
$$C_B = \frac{1}{2}\left\{1 - \mathrm{erf}\left(\frac{x - vt}{2\sqrt{K_L t}}\right)\right\}$$ *

$$\mathrm{erf}(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^y e^{-y^2}\,dy$$ مهم

$$\frac{d}{dy}\mathrm{erf}(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\,e^{-y^2}$$ مهم

رابطه‌ی * بیشتر برای بدست آوردن K_L استفاده می‌شود.

در آزمایشگاه در مقابل سرعت و p.v های مختلف C_B را برسی می‌آورند و رسم می‌کنند. و اینقدر K_L را عوض می‌کنند که نقاط تحلیلی روی نقاط آزمایشگاهی بیفتد.



نمودار erf(x)

⇐ lo correlation برزی

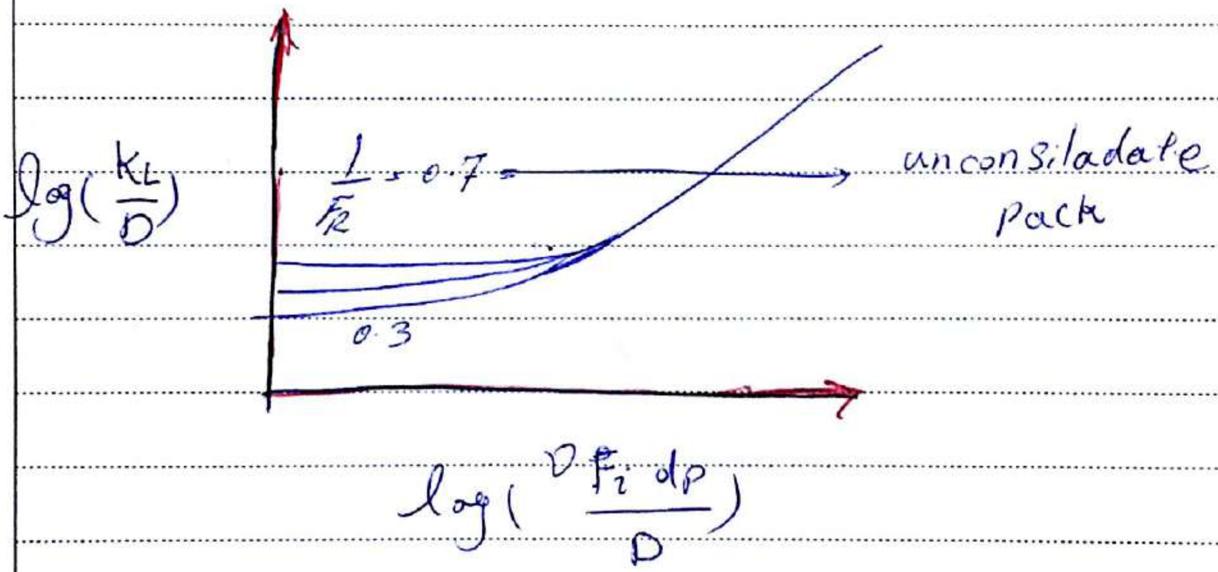
$$\frac{K_L}{D} = f(N_{Pe}, F_i) = f(N_{Pe} \times F_i)$$

N_{Pe} ⇒ Peclet Number ⇒ $N_{Pe} = \frac{v d_p}{D}$

D = molculat diffusivity

F_i = inhemogenity factor

d_p = particle diameter

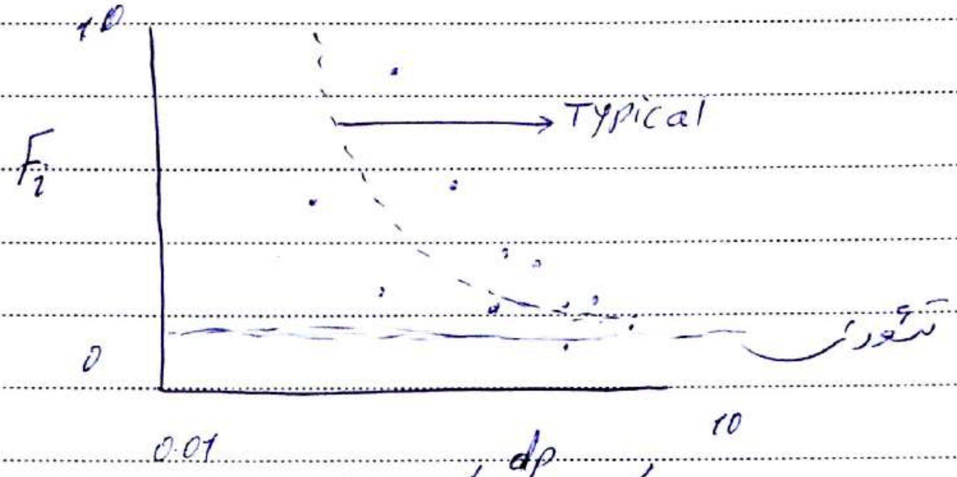


for $\frac{v F_i \varphi}{D} > 5.0$ ⇒ Ⓐ

$$\left(\frac{K_L}{D} = \frac{1}{F_R \varphi} + 0.5 \frac{v F_i d_p}{D} \right)$$ کل نمودار

A ⇐ دیگر ترم F_R حذف می‌شود

F_i = نتایج آزمایشگاه در مقابل dp های مختلف برحسب packing و شکل های مختلف بررسی می کند. نسبت به حالت ایده آل



در مخازن سست از دیکسترا پارسونز استفاده می شود.

اگر امکان آزمایش core ها با Packing های مختلف نباشد

عرض یا طول ⇐ mixing Zone

به طول ناحیه ⇐ mixing

conentration از 10٪ تا 90٪ را mixing zone گویند

در حالی که تئوری آن از 0-100٪ است.

$$x_{10} - x_{90} = 3.625\sqrt{K_l t}$$

(در واقع ما غلظت فاز تزریقی در نفت را بررسی می کنیم

بر اثر C_B و K_L و زمان)

Subject:
Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

Transverse

dispersion <= اختلاط در جهت عرضی.

همه چیز همینه فقط $K_t \Leftarrow K_L$

$$\frac{K_t}{D} = \frac{1}{F_R\varphi} + 0.0157\frac{v F_i d_p}{D}$$

$K_t < K_L$ است.

که dispersion عرضی => عمود بر جهت حرکت است.

---

viscuse Lingring

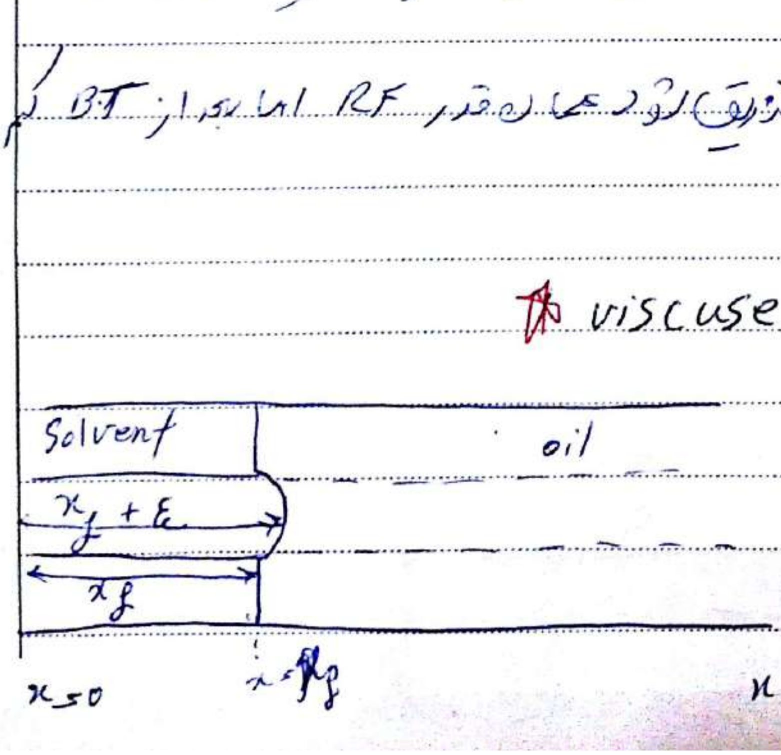
〃 〃 〃 به شدت تحت اثر mobility Ratio

است که هرچه بیشتر امکان ویسکوز فینگرینگ بیشتر می‌شود.

تا قبل از B.T هرچه تزریق شود همان قدر RF اما بعد از B.T کم

می‌شود.

مدلسازی viscuse Lingring



solvent

$$-\Delta P = -(\Delta P_{sol} + \Delta P_{oil}) = \frac{v\mu_s x_f}{k} + \frac{v\mu_o (L-x_f)}{k}$$

$$\frac{dx_f}{dt} = \frac{v}{\varphi} = \frac{-k\Delta P}{\varphi\mu_s x_f + \varphi\mu_o (L-x_f)} = \frac{-k\Delta P}{\varphi\mu_s (x_f + M(L-x_f))}$$

$$= \frac{-k\Delta P}{\varphi\mu_s (ML + (1-M) x_f)}$$ ① ⇝ برای جبهه پیستونی

تا x_f حرکت پیستونی است

اما بعدش در یک لحظه finger شروع می شود

$$\frac{d(x_f+\varepsilon_e)}{dt} = \frac{-k\Delta P}{\varphi\mu_s (ML + (1-M)(x_f+\varepsilon_e))}$$ ②

برای finger دار بودن

② - ①

①-② رو کنیم ⇐

$$\boxed{\frac{d\varepsilon_e}{dt} = \frac{k\Delta P}{\varphi\mu_s (ML + (1-M) x_f)} - \frac{k\Delta P}{\varphi\mu_s (ML + (1-M)(x_f+\varepsilon_e))}}$$

پس از مخرج مشترک گیری

$$\boxed{\frac{d\varepsilon_e}{dt} = \frac{k\Delta P}{\varphi\mu_s}\,\frac{(1-M)\,\varepsilon_e}{(ML + (1-M)x_f)^2}}$$ ⇐ for $\varepsilon_e \ll x_f$

PASHA

mobility ratio ← (M) دو تا حالت

Subject:
Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

1- اگر فرض $\varepsilon \ll x_L$ نبود از معادله اصلی استفاده کن.

اگر $M < 1 \Rightarrow \frac{d\varepsilon}{dt} < 0 \Rightarrow$ سرعت منفی

پس با ادامه حرکت finger کم و نهایتاً رشد نکند. اصطلاحاً گفته میشود shrink می‌کند. ← که باب میل ماست

2- $M > 1 \Rightarrow \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \Rightarrow$ سرعت مثبت

پس finger به مرور زمان رشد می‌کند و BT رخ می‌دهد

پس تمام تلاش ما این است $M>1$ نشود تا $M<1$ باشد.

حتماً بخوان برای امتحان

مدل koval's

برای misible و viscous finger

اثباتش را بخوان (صفحه 3 کتاب) حتماً برو فرمولا رو بخون

چون Cumisible $Kr_o = (1 - S_s)$

$Kr_s = S_s$ solvent

PASHA

اثباتش تو کتاب بخون

فصل 3 ⇐ کتاب هر دو کتاب تموم شد.

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

Subject:
Year: Month: Date:

$M = \frac{\mu_o}{\mu_s}$ و H ⇐ هتروژنی مخزن

$\Rightarrow f_s = \frac{K S_s}{1+(K-1)S_s}$ $K = H \cdot E$ ↓ ضریب کووال

حال در frontal advance Eq. می‌توان $\frac{\partial f_s}{\partial S_s}$ را یافت.

$\frac{1}{V_{pi}} = \frac{\partial f_s}{\partial S_s} \Rightarrow 1/V_{pi} = \frac{f_s^2}{K S_s^2}$

$f_s = \frac{K - \sqrt{K/V_{pi}}}{K-1}$ ⇐ زمان B.T

$\rightarrow (V_{pi})_{bt} = \frac{1}{K}$ $f_s = 0$ ⇐ زمان شروع B.T

$(V_{pi})_{comp} = K \longrightarrow$ زمان تمام شدن B.T

پایان تزریق

کامل تو کتاب ← بخون ✓

N_p ✓ $\frac{1}{K} < V_{pi} < K$

PASHA

Subject: willhite فصل 4

Year: Month: Date:

Sa Su Mo Tu We Th Fr

volumatric Sweep $\Leftarrow$

$$= \frac{\text{Res. vol. contacted by displacing fluid}}{\text{total Res. vol.}}$$

$$\boxed{E = E_V \times E_D}$$

volumetric Sweep ← E_V

E_D ↳ microscopic displacement eff

$$N_p = \frac{E V_P}{B_o} = \frac{E_D E_V V_P}{B_o}$$

$$\boxed{E_D = S_{oi} - S_{or}}$$

در حالت بسیار ساده ⇐

$$\Rightarrow N_p = \frac{S_{oi} - S_{or}}{B_o} E_V V_p$$

$$\boxed{E_V = E_A E_I}$$

$$E_A = \frac{\text{Areal Sweep}}{\text{total area}}$$

E_I: vertical Sweep

$$E_I = \frac{\text{vertical cross-Sectional area Sweep}}{\text{total vertical area}}$$

در هر دو این E ها mobility Ratio* اهمیت بسیار زیادی دارد.

$$\lambda = \frac{k}{\mu}$$

$$M = \frac{\lambda_D}{\lambda_d}$$

$\lambda_D \rightarrow$ جابجاکننده (آب تزریقی)

$\lambda_d \rightarrow$ جابجا شونده (نفت)

PASHA

نکته: در misible ها تراوایی یکسان می شود.

$$Q \quad M = \frac{\mu_d}{\mu_D}$$

اما در حالات پیستونی:

$$M = \frac{(K_{rw}/\mu_w)_{S_{or}}}{(K_{ro}/\mu_o)_{S_{wi}}} = \frac{\lambda_D}{\lambda_d}$$

$\lambda_d \Leftarrow$ در جلوی front که همیشه S_{wi} است.

$\lambda_D \Leftarrow$ در پشت front اما این در چه نقطه‌ای باشد ⇐ برای این علت $(K_r = f(S_w))$ است یک refrencpoint تعریف می شود:

1- K_{rw} در S_{or} می یابیم. (نقطه رفرنس)

2- K_{rw} در S_{wf} (در front) (نقطه رفرنس)

3- K_{rw} در $\bar{S}_{w_{ave}}$ در پروفایل اشباع. (نقطه رفرنس)

در BT زیرا بعد از BT تعریف فرق خواهد کرد.

حالا محاسبه $E_A \Leftarrow$

$$E_A = \frac{\text{Area contacted by displacing fluid}}{\text{total res. or patern Area}}$$

پارامترهای موثر روی E_A :

1) الگوی چاه ها

2) هتروژنی تراوایی

3) Mobility Ratio ⇐ مهم ترین که $M<1$ ⇐ E_A بسیار بالاست.

4) نسبت نیروهای موئینه - ویسکوز و گرانشی.

5) حجم سیال تزریقی

نکته: بعد از BT با افزایش M در V_i ثابت E_A کم می شود.

V_d ⇐ displaceable P.V که در آن S_{or} لحاظ شده.

$V_{pd} = Ah\phi(S_{oi} - S_{or})$ ⇐ میزان P.V که قابل جابجایی است.

$$\text{Condactance Ratio} = \frac{q/\Delta p}{(q/\Delta p)_{in}}$$

Sa | Su | Mo | Tu | We | Th | Fr

Subject:
Year: Month: Date:

اگر condactan ratio بزرگتر از 1 باشد یا M<1

با افزایش M دیگر E کاهش می یابد نمودارش را

بررسی کن.

displaacble pore vol. inj. ⇐ Fi

$$F_{i_{bt}} = \left(\frac{0.9}{M+1.1}\right)^{1/2}$$ [illegible]

⇐ E_L ⇐

$$E_L = \frac{\text{vertical area contaced by the displa... fl.}}{\text{total vertical area of the plane connecting injector with producer}}$$

پارامترهای موثر روی E_L

1) Mobility Ratio

2) اختلاف چگالی

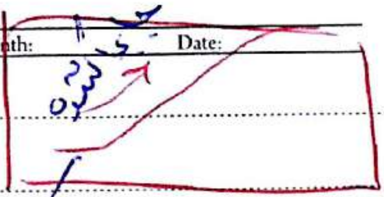
3) $\frac{K_v}{K_h}$

4) نیروهای موئینه

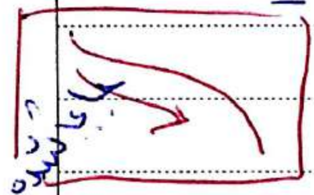
5) تغییرات تراوایی عمودی

PASHA

اگر $\Delta\rho$ زیاد باشد ⇐



gravity over Ride ← دانسیته سیال جابجا شده بسیار کمتر از نفت باشد به بالا خزش می رود. و برعکس آن زمانی که دانسیته تزریقی بیشتر باشد و آب به سمت پایین حرکت می کند را به آن Gravity under Ride گویند.



$$R_{v/g} = \frac{\text{viscuse press. drop}}{\text{Gravity head}}$$

هرچه بیشتر بشود E_L بیشتر می شود Gravity کمتر و over و under کمتر

$$R_{v/g} = \frac{u\mu/d}{kg\Delta\rho}\left(\frac{L}{h}\right)$$

واحد میدانی →

$$R_{v/g} = \frac{2050\, u\mu/d}{k\Delta\rho}\left(\frac{L}{h}\right)$$

اگر k ها متفاوت بود میانگین

$$K = \sqrt{K_v K_h}$$

صورت زیاد بشود fingering رخ می دهد.

Subject:
Year: Month: Date:

$$\boxed{R_{v/g} \propto E_l}$$

اما از $M > 10$ یا 5 دیگر $R_{v/g}$ روی E_l اثر

نمی‌گذارد زیرا fingring رخ می‌دهد.

$\text{gravity segregation} \propto K$

$\text{〃} \quad \text{〃} \propto \Delta\rho$

$\text{〃} \quad \text{〃} \propto \frac{1}{u}$

$\text{〃} \quad \text{〃} \propto M$

$\text{〃} \quad \text{〃} \propto \frac{1}{\mu_o/\mu_d}$

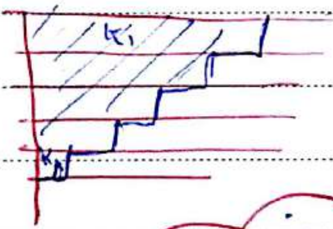
نکته: در مقادیر کم $R_{o/g}$ نیروی گرانش موثر است و با

~~[illegible]~~ افزایش 〃 به سمت فقط ویسکوز فورس

می‌رویم که پیشران عمودی می‌شود.

سیستم مخازن لایه‌ای از تست‌هایی با k مختلف که شدت جریان متفاوت است.

⇐ شماره‌گذاری k ⇐ بالاترین k را k_1 و کمترین را k_n از بالا به پایین: sort می‌کنیم و کاری با لایه بندی نداریم.



دو مدل برای تقسیم.

مدل ① مدل Stile برای $M=1$

$$E_{l\,bt\,j} = \sum_{i=1}^{j} \frac{h_i}{h} + \sum_{i=j+1}^{n} \frac{(k_i/k_j)\,h_i}{h} \Leftarrow$$

j لایه

مدل ② مدل دیگر است:

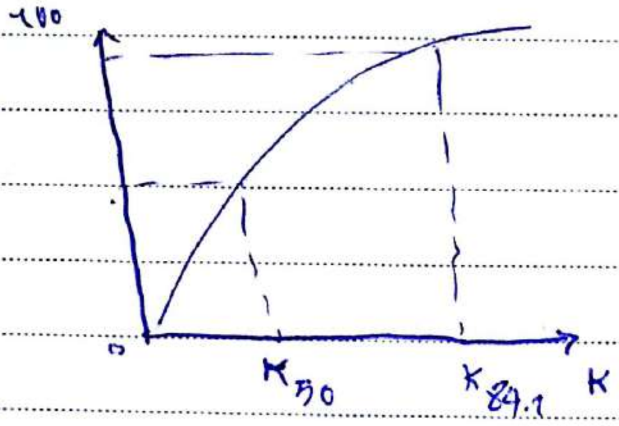
$$E_l = \frac{j + \frac{(n-j)M}{M-1} - \frac{1}{M-1} \sum_{k=j+1}^{n} \left(M^2 + \frac{k_k}{k_j}(1-M^2)\right)^{1/2}}{n}$$

~~entre parsons~~ Zeo

Dykstra parsons coefficient

$$V_{dp} = \frac{K_{84.1} - K_{50}}{K_{50}}$$

ضریب هتروژنی



امتحان پایان ترم فصل 3 - 4 کتاب.

و مباحثی که خود استاد در کلاس جزوه willhite EOR

خط کش و [illegible] بیاورم.

امتحان در قالب مفاهیم و اثبات و حل مسئله

و ماشین حساب.