۱۳۷۹ /۱۱/ ۱۸

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تفکیک مدارک

بسم الله الرحمن الرحیم

شبیه سازی پدیدهٔ مخروطی شدن آب-گاز در چاههای نفتی

توسط

شاهین کُرد

پایان نامه

ارائه شده به دانشکدهٔ تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

لازم برای اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشتهٔ

مهندسی شیمی

8734

از

دانشگاه شیراز

شیراز ، ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیتهٔ پایان نامه با درجهٔ : **عالی**

امضاء اعضاء کمیتهٔ پایان نامه :

دکتر سید شهاب الدین آیت اللهی،استادیار بخش مهندسی شیمی (رئیس کمیته) .....

دکتر داریوش مولا ، استاد بخش مهندسی شیمی .....

دکتر عبدالحسین جهانمیری ، دانشیار بخش مهندسی شیمی .....

مهرماه ۱۳۷۹

۳۱۲۹۷

تقدیم به :

چشمان مادرم و دستان پدرم

و

تمامی کسانی که حس کنجکاوی و میل به جستجو ، یادگیری و تغییر در وجودشان موج میزند.

۳۱۲۹۷

سپاسگزاری

الحمدلله الذی هدانا لهذا و ما کنا لنهتدی لولا هدانا الله

اکنون که در سایهٔ الطاف پروردگار مهربان ، تحقیق در مورد این رساله به پایان رسیده است، بر خود لازم میدانم که از کلیه بزرگوارانی که مرا در انجام آن یاری نموده اند ، بخصوص جناب آقای دکتر سید شهاب الدین آیت اللهی ، استاد محترم راهنما که همواره مشوق و امید بخش اینجانب بوده اند ، سپاسگذاری نمایم . راهنمائیها و برخوردهای حکیمانه ، صبورانه و برادرانهٔ ایشان در حل مسائل علمی و نیز مشکلات دیگر بوجود آمده برای اینجانب ، مهمترین انگیزه برای تکمیل این تحقیق بوده است.

همچنین بر خود وظیفه میدانم از زحمات اساتید محترمِ کمیتهٔ پایان نامه ، آقایان دکتر داریوش مولا و دکتر عبدالحسین جهانمیری ، قدردانی و تقدیر نمایم.

از خانوادهٔ عزیزم ، بخصوص پدر و مادر گرامیم که با کمال بزرگمنشی محیطی مناسب برای ادامه تحصیل اینجانب فراهم آوردند ، کمال تشکر ، قدر شناسی و امتنان را دارم.

چکیده

شبیه سازی پدیدهٔ مخروطی شدن آب-گاز در چاههای نفتی

توسط

شاهین کُرد

با توجه به ذخایر عظیم نفت و گاز در ایران و اهمیت اقتصادی فوق العادهٔ این مواد ، که مهمترین منبع درآمد کشور می باشند ، اهمیت مسایل مربوط به مهندسی نفت مشخص می شود.

پدیدهٔ مخروطی شدن آب-گاز (water-gas coning) که بیانگر مکانیسم ورود آب موجود در بخشهای زیرین سازندهای نفتی (آبده) یا گاز موجود در کلاهک گازی به چاههای تولید نفت می باشد، یکی از مسائل و مشکلات مهم و مبتلابه تولید در چاههای تولید نفت می باشد .

در هنگام تولید از یک چاه نفتی ، گرادیان فشار بوجود آمده به همراه نیروهای مویینگی و خاصیت ترشوندگی، باعث می شود که سطح مشترک آب و نفت بالا بیاید. انحراف سطح مشترک آب ونفت ، متقابلاً توسط نیروی جاذبه متعادل می شود.غلبهٔ نیروهای ویسکوز باعث تولید آب بصورت همزمان با نفت می شود که این اتفاق ،نامطلوب و برای چاه و مخزن نفتی بسیار مضر می باشد.این بالا آمدن و احتمال خروج آب به همراه نفت از چاه نفتی به نام " مخروطی شدن آب " خوانده می شود. همین اتفاق می تواند برای گاز موجود در مخزن نفتی ، رخ دهد که این پدیده نیز "مخروطی شدن گاز " گفته می شود.

در این مطالعه بعد از بررسی پدیده ، معادلات حاکم بر آن بدست آمده اند و سپس از یک روش کاملاً غیر صریح برای حل معادلات غیر خطی حاصل استفاده شده است. مقایسهٔ نتایج با نتایج تجربی و نیز نتایج تأیید شدهٔ عددی ، وفاق بسیار خوبی را نشان می دهد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست جداول.....ح
فهرست اشکال..... ط
فهرست علائم اختصاری.....ک

فصل اول : مقدمه..... ۱

فصل دوم : تئوری..... ۱۱

فصل سوم : مروری بر تحقیقات و مطالعات انجام شده.....۲۱

فصل چهارم : روشهای کنترل و جلوگیری مخروطی شدن آب/گاز.....۲۷
۱-۱-فاصلهٔ چاهها.....۲۷
۱-۲-فاصلهٔ تکمیل شده.....۲۷
۱-۳-استفاده از چاههای افقی.....۲۸
۲-۱-محدود کردن جریان حرکت کننده به سمت چاه بوسیلهٔ
استفاده از یک مادهٔ خارجی در مخزن.....۳۰
۲-۲-تصحیح توزیع فشار حول چاه.....۳۳
۲-۳-جداسازی ته چاهی آب و نفت و تزریق دوبارهٔ آب.....۳۴
۲-۴-تخلیهٔ مناطق آبی یا گازی.....۳۵

عنوان صفحه

فصل پنجم : معادلات حاکم و روش حل آنها.....۳۷
۵-۱-مراحل انجام یک شبیه سازی کامپیوتری.....۳۷
۵-۱-۱-مدل ریاضی.....۳۸
۵-۱-۲-مدل عددی.....۳۸
۵-۱-۳-مدل کامپیوتری.....۳۹
۵-۲-بدست آوردن معادلات حاکم.....۳۹
۵-۲-۱-معادلهٔ پیوستگی.....۴۰
۵-۲-۲-معادلهٔ دارسی.....۴۴
۵-۲-۳-دیگر معادلات مورد نیاز.....۴۵
۵-۲-۴-معادلات نهایی.....۴۸
۵-۳-عوامل غیر خطی ساز.....۴۹
۵-۳-۱- عوامل غیر خطی ساز ضعیف.....۵۰
۵-۳-۲- عوامل غیر خطی ساز قوی.....۵۰
۵-۴-حل معادلات.....۵۰
۵-۴-۱-روش حل همزمان.....۵۱
۵-۴-۱-۱-روش حل همزمان برای حالت دو فازی.....۵۱
۵-۴-۱-۲- روش حل همزمان برای حالت سه فازی...۵۶
۵-۴-۲-روش فشار غیر صریح-درجهٔ اشباع صریح.....۵۸
۵-۴-۲-۱- روش فشار غیر صریح-درجهٔ اشباع صریح
برای حالت دو فازی.....۵۹
۵-۴-۲-۲- روش فشار غیر صریح-درجهٔ اشباع صریح
برای حالت سه فازی.....۵۹
۵-۴-۳-روش بکار رفته در مطالعهٔ حاضر.....۶۲

عنوان صفحه

برای حالت سه فازی.....۵۹
۵-۴-۳-روش بکار رفته در مطالعهٔ حاضر.....۶۲
فصل ششم : بررسی نتایج حاصله.....۶۵
۶-۱-بررسی یک مسالهٔ واقعی.....۶۵
۶-۲-چک کردن مدل.....۶۹
۶-۲-۱-مقایسهٔ زمان رسیدن سیال دوم به چاه.....۶۹
۶-۲-۲-مقایسهٔ نسبت آب به نفت.....۷۰
۶-۳-بررسی پدیدهٔ مخروطی شدن با استفاده از
شبیه سازی انجام شده.....۷۱

مراجع.....۸۴
چکیده و صفحهٔ عنوان به انگلیسی.....۹۳

فهرست جداول

جدول صفحه

۶-۱-خواص سنگ و سیال در مسالهٔ نمونه ۶۶

۶-۲-چگونگی تابعیت پارامترهای تابع درجهٔ اشباع..... ۶۶

فهرست اشکال

شکل صفحه

۱-۱-مکش یکنواخت..... ۳
۱-۲-مکش متمرکز..... ۳
۱-۳-چاه بدون مشکل مخروطی شدن..... ۵
۱-۴-چاه با مشکل مخروطی شدن..... ۵
۲-۱-تکمیل چاه به صورت کامل..... ۱۲
۲-۲-تکمیل چاه به صورت جزئی..... ۱۲
۲-۳-شمای حرکت آب به سوی چاه در حالت مخروطی شدن ۱۳
۴-۱-تزریق مواد سیمانی برای محدود کردن جریان به سمت چاه..... ۳۱
۴-۲-تزریق سیال برای کنترل مخروطی شدن..... ۳۲
۴-۳-چگونگی تزریق دوبارهٔ سیال ۳۳
۴-۴-وسایل سر چاهی برای تزریق دوبارهٔ نفت..... ۳۳
۴-۵-مخروطی شدن معکوس..... ۳۴
۴-۶-ایجاد سوراخهای اضافی برای تصحیح فشار..... ۳۶
۴-۷-جداسازی ته چاهی آب و نفت..... ۳۶
۵-۱-نمای یک المان در سیستم استوانه ای..... ۴۰
۶-۱-شمای کلی مخزن مورد مطالعه..... ۶۷
۶-۲-شکل اجزا در سیتم استوانه ای..... ۶۷
۶-۳-بلوک بندی بصورت ریز..... ۶۸
۶-۴-بلوک بندی بصورت درشت..... ۶۸
۶-۵-مقایسهٔ نسبت آب به نفت در مقابل زمان برای دو مدل..... ۷۰
۶-۶-کنتورهای درجهٔ اشباع ۲۰٪..... ۷۲
۶-۷-کنتورهای درجهٔ اشباع ۵۰٪..... ۷۳

شکل صفحه

۶-۸-درجهٔ اشباع در مقابل زمان در Δt های مختلف ۷۴
۶-۹-نسبت آب به نفت در مقابل زمان در Δt های مختلف..... ۷۵
۶-۱۰-زمان رسیدن سیال دوم در مقابل دبی کل بهره برداری..... ۷۷
۶-۱۱-نسبت آب به نفت در مقابل زمان در دبی های مختلف..... ۷۸
۶-۱۲-زمان رسیدن سیال دوم در مقابل نفوذ پذیری..... ۷۹
۶-۱۳-نسبت آب به نفت در مقابل زمان در نفوذ پذیری های مختلف..... ۸۰
۶-۱۴-زمان رسیدن سیال دوم در برابر ارتفاع نقطهٔ تولیدی..... ۸۱
۶-۱۵-نسبت آب به نفت در مقابل زمان در ارتفاع های مختلف تولید..... ۸۲

فهرست علائم اختصاری

B : Formation volume factor,Rbbl/STB
k_h : Absolute horizontal permeability,md
k_v : Absolute vertical permeability,md
k_r : Relative permeability, dimensionless
p : Phase pressure, psi
p_c : Capillary pressure ,psi
q : Rate of production,STB/cu ft reservoir-day
r : Radial distance, ft
z : Vertical distance, ft
S : Saturation, dimensionless
t : time, day
γ : Specific weight at reservoir condition
Φ : Flow potential
ϕ : Porosity, dimensionless
ρ : Density, (lb/cu ft)
g : Acceleration of gravity
u : Darcy superficial velocity
∇ : Symbolic operator, $\vec{i}\frac{\partial}{\partial r}+\vec{j}\frac{\partial}{\partial z}$
f : Fugacity
x_i : Liquid mole fraction of any component
y_i : Gas mole fraction of any component

Superscript :

0 : At sink point
o : Oil
g : Gas
w: Water

l : Any phase
r : In (r) direction
z : In (z) direction

فصل اول

مقدمه

با توجه به ذخایر عظیم نفت و گاز در ایران و اهمیت اقتصادی فوق العادهٔ این مواد ، که مهمترین منبع درآمد کشور می باشند ، اهمیت مسایل مربوط به مهندسی نفت مشخص می شود و در این راستا انجام کارهایی جهت جلوگیری از هدر رفتن نفت و غلبه بر مشکلات موجود در این صنعت بسیار مهم به نظر می رسد.

پدیدهٔ مخروطی شدن آب-گاز (water-gas coning) که بیانگر مکانیسم ورود آب موجود در بخشهای زیرین سازندهای نفتی (آبده) یا گاز موجود در کلاهک گازی به چاههای تولید نفت می باشد، یکی از مسائل و مشکلات مهم و مبتلابه تولید در چاههای تولید نفت می باشد که بیش از آنچه به نظر می آید ، در میادین نفتی و چاههای موجود شایع است(۱۱). هم اکنون نزدیک به صد سال از شناختن این پدیده می گذرد.

معمولا این پدیده هنگامی رخ می دهد که دبی تولید بالایی به چاه تحمیل می شود و از اینرو عاملی است که سبب محدود کردن دبی تولید نفت از چاه می گردد(۱۹).پدیدهٔ مخروطی شدن آب-گاز نسبت به دبی تولید حساس بوده و تنها تحت شرایط تعادلی مشخصی پیشرفت می نماید. معمولا در میادین نفتی سعی بر این است که دبی های تولید در محدوده ای کنترل شوند که مانع از ورود آب یا گاز به چاه تولیدی گردد. هنگامی که نفت از یک چاه حفاری شده در مخزن نفتی بیرون کشیده می شود ، گرادیان فشار بوجود آمده به همراه نیروهای مویینگی و خاصیت تر شوندگی باعث می شود که سطح مشترک آب و نفت بالا بیاید. انحراف سطح مشترک آب ونفت ،

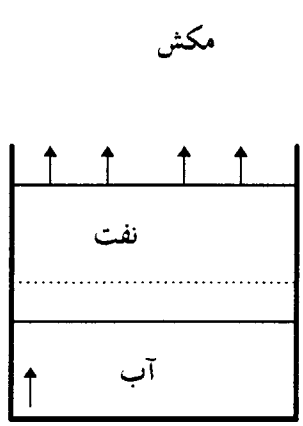
متقابلاً توسط نیروهای جاذبه و نیز اختلاف دانسیته ها ، متعادل می شود. بسته به اینکه مقدار این نیروها چقدر باشد و کدامیک بتوانند بر دیگری غلبه کنند ، سطح مشترک آب ونفت ، ممکن است به یک حالت پایدار در زیر چاه برسد، که با طی زمان باعث تولید آب بصورت همزمان با نفت می شود که این اتفاق به دلایلی که بعداً در همین قسمت خواهد آمد ، نا مطلوب و برای چاه و مخزن نفتی بسیار مضر می باشد.این بالا آمدن و احتمال خروج آب به همراه نفت از چاه نفتی به نام " مخروطی شدن آب " خوانده می شود. همین اتفاق می تواند برای گاز موجود در مخزن نفتی ، رخ دهد که این پدیده نیز "مخروطی شدن گاز " گفته می شود.

اطلاق کلمهٔ مخروطی شدن به علت شکل مخروطی مانندی است که گاز و آب به هنگام این پدیده به خود می گیرند. پدیدهٔ مخروطی شدن ، در سازندهای تولیدی که در آنها، آب در زیر نفت و گاز در بالای آن قرار دارد و یا در حالتهایی که گاز بالایی (Gas cap) با تزریق گاز ونیز آب پایینی (Bottom water) با تزریق آب جهت نگهداری فشار مخزن ، گسترش داده می شوند و نیز در شرایط تزریق آب ، گاز و یا حلال برای بهره برداری ثانویه (Secondary recovery) ، اتفاق می افتد.

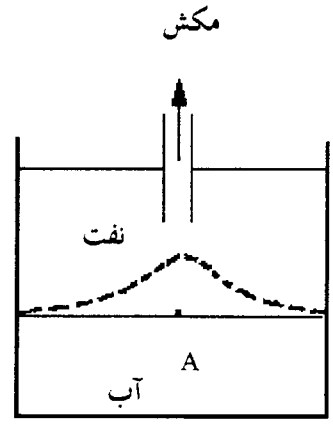
برای آشنایی بهتر با این پدیده ، مطابق شکل (۱-۱) یک ظرف را که در آن دوفاز آب و نفت قرار دارند در نظر می گیریم. طبیعی است که آب به علت دانسیتهٔ بیشتر در زیر نفت قرار می گیرد. تحت شرایط تعادلی سطح نفت و سطح تماس نفت و آب افقی خواهد بود. حال اگر در قسمت بالای ظرف ، فشار را کاهش دهیم یا به عبارت بهتر گرادیان فشار ایجاد کنیم و یا بعبارتی ایجاد مکش کنیم با فرض اینکه سیالات به اندازهٔ کافی تراکم ناپذیر و یا در اینجا به عبارت صحیح تر انبساط ناپذیر باشند ، اختلاف فشار و یا مکش اعمال شده سطح مذکور را به سمت بالا می راند . در برابر این نیروی رانش نیروی وزن

سیالات نیز ایجاد مقاومتی در برابر بالا رفتن سیالات می کنـد و در نهـایت در یک مقدار مشخصی از جابجایی ، این دو نیرو به تعـادل مـی رسـند و در ایـن حالت تعادل جدید نیز هر دو سطح به صورت افقی اما کمی بالاتر از حالت قبل خواهند بود که این اتفاق به صورت خـط چیـن در شـکل (۱-۱) مشـخص مـی باشد. البته لازم به ذکر است که در حالت مورد بحث ما مکش اعمالی بـه طـور یکنواختی بر سطح تماس دو سیال اعمال می شود.

حال اگر مطابق شـکل (۱-۲) ایـن مکـش بـه صـورت متمرکزتـری بـه سطح تماس دو سیال برسد ، همهٔ نقاط سطح تماس دو فاز تحت نیروی رانش یکسانی واقع نمی شوند بلکه بیشترین رانش درست در زیر نقطهٔ مکـش (نقطـهٔ A) که کمترین فاصله را با محل مکش دارد ، ایجاد می شود و هر چه از نقطـهٔ A از دو طرف به سمت مرزهای جانبی ظرف حرکت کنیـم ایـن نـیروی رانـش ضعیف تر می گردد تا جایی که ممکن است دیگر تقریباً هیچ نیروی رانشی بـه این سطح اعمال نگردد ، اگر چه نیروی مقاوم ثقلی در ابتدا که سـطح مشـترک افقی است ، در همهٔ نقاط آن یکسان می باشد.



شکل ۱-۱-مکش یکنواخت



شکل۱-۲-مکش متمرکز