بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی معدن،نفت و ژئوفیزیک

گروه مهندسی نفت و ژئوفیزیک

عنوان:

بررسی و شبیه‌سازی پدیدهٔ مخروطی شدن آب در یکی از مخازن نفتی تحت رانش آب ایران

پایان نامه کارشناسی ارشد جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی نفت

دانشجو:

مرتضی خیرزاده

استاد راهنما:

دکتر علی مرادزاده

اسفند ۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره : ۵-۴۶۹۳/۱۲۹۱

تاریخ : ۹۳/۱۰/۲۴

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مرتضی خیرزاده رشته مهندسی نفت گرایش حفاری و بهره برداری تحت عنوان: **بررسی و شبیه‌سازی پدیدهٔ مخروطی شدن آب در یکی از مخازن نفتی تحت رانش آب ایران** که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۲۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است :

قبول (با درجه خوب امتیاز ۱۷/۷۵) ☑ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹)

۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ ۱۶)

۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

a عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	۱-دکتر علی مرادزاده	استاد	
۲ـ استاد مشاور			
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر امین روشندل کاهو	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	دکتر مهرداد سلیمانی منفرد	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	دکتر محسن نظری	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده :

دانشکده مهندسی و ژئوفیزیک
دانشگاه صنعتی شاهرود

پروردگارا

نه می‌توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دست‌های پینه بسته‌شان که ثمرهٔ تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم. پس توفیقم ده که هر لحظه شکرگزارشان باشم و ثانیه‌های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

تقدیم به پدر و مادرم

قدردانی

اکنون که با لطف خداوند نگارش این پایان‌نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می‌دانم از راهنمایی‌های ارزشمند استاد فرهیخته جناب آقای **دکتر علی مرادزاده** که صمیمانه راهگشای مشکلات پیش‌روی این پژوهش بوده و با سعۀ صدر خود بنده را راهنمایی کردند کمال تشکر خود را ابراز نمایم.

همچنین بر خود لازم می‌دانم از کمک‌های همۀ دوستان عزیز و همکاران گرامی که در انجام این تحقیق مددرسان اینجانب بودند، تشکر و قدردانی فراوان نمایم.

این فیض تو را چگونه من یاد کنم　　بی‌پند عمر خویش برباد کنم
یک قطره ز بحر عشق مولانا را　　تقدیم به آستان استاد کنم

تعهد نامه

اینجانب **مرتضی خیرزاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی نفت- حفاری و بهره‌برداری** دانشکده **معدن، نفت و ژئوفیزیک** دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **" بررسی و شبیه‌سازی پدیدهٔ مخروطی شدن آب در یکی از مخازن نفتی تحت رانش آب ایران "** تحت راهنمائی **دکتر علی مرادزاده** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام« دانشگاه شاهرود» و یا « Shahrood University» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- **کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .**
- **استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.**

چکیده

یکی از مهمترین مشکلات مخازن نفتی، ورود آب به مخزن در اثر پدیده مخروطی شدن و تولید همزمان آن همراه با نفت از طریق چاه تولیدی می‌باشد. از آنجایی که این پدیده باعث کاهش بازیافت نهایی نفت شده و هزینه عملیاتی تولید افزایش می یابد، لذا شناخت و پیش بینی رفتار مخازن نفتی در ارتباط با این پدیده حائز اهمیت است.

در این تحقیق به بررسی این پدیده در مخازن شکافدار پرداخته شده و با استفاده ازنرم افزار شبیه ساز Eclipse و بکار گیری مدل تخلخل دوگانه، مخروطی شدن در این نوع ازمخازن شبیه‌سازی شده و سپس دبی بحرانی و زمان میان‌شکن آب برای یک چاه نفتی تخمین زده شد. همچنین اثر خواص سنگ مخزن کربناته مانند تراوایی و تخلخل ماتریس و محیط شکاف بر زمان میان‌شکن(زمان شروع تولید آب) بررسی شده است. در ادامه و بوسیله نمودار عنکبوتی برخی از پارامترهای موثر بر پدیده مخروطی شدن از جمله اثر اختلاف دانسیته، اثر ویسکوزیته، نسبت نفوذپذیری و دبی تولیدی که بر میزان تولید آب و نفت مؤثرند مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج شبیه‌سازی زمان میان‌شکن آب را برای چاه مورد مطالعه در حدود ۱۴۰۰ روز و دبی بحرانی را در حدود ۱۰۰۰ بشکه در روز تعیین می‌کند. همچنین نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزایش اختلاف دانسیته، کاهش ویسکوزیته نفت ، کاهش نسبت نفوذپذیری عمودی به افقی ماتریس و کاهش دبی تولیدی، سبب کاهش تولید آب می شوند. همچنین مشخص شد دبی تولید نفت و تراوایی عمودی شکاف، بیشترین تأثیر و افزایش ترشوندگی سنگ مخزن(در حالت سنگ نفت‌دوست) کمترین تأثیر را بر روی پدیده مخروطی‌شدن آب دارا می‌باشند.

کلید واژه: سنگ مخزن کربناته- مخروطی‌شدن- تخلخل دوگانه- زمان میان‌شکن - دبی بحرانی

فهرست مطالب

چکیده ..... خ
فصل اول: کلیات ۱
۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ بیان مسئله ۸
۱-۳ فرضیه‌ها و سؤالات تحقیق ۹
۱-۴ هدف مطالعه و روش تحقیق ۹
۱-۵ ساختار پایاننامه ۱۰
فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته ۱۱
۲-۱ مقدمه ۱۲
۲-۲ مروری بر مطالعات گذشته ۱۲
۲-۳ جمع‌بندی مطالب و ضرورت مطالعه ۲۳
فصل سوم: مبانی پدیده مخروطی شدن آب ۲۵
۳-۱ مقدمه ۲۶
۳-۲ تئوری پدیده مخروطی‌شدن آب ۲۶
۳-۳ دلایل مشکل تولید آب ۳۰
۳-۳-۱ مشکلات تکمیل چاهها ۳۰
۳-۳-۲ مسایل مخزنی ۳۰
۳-۴ روابط پدیده مخروطی‌شدن آب ۳۱
۳-۴-۱ روابط تعیین دبی بحرانی ۳۱

۳-۴-۲ روابط تعیین زمان میان‌شکن آب ۳۳
۳-۵ شناخت مخازن شکافدار ۳۶
۳-۵-۱ مدل کاظمی ۳۹
۳-۵-۲ مدل وارن و روت ۳۹
۳-۶ روشهای کنترل تولید آب ۴۱
۳-۶-۱ تکنولوژی تزریق سیمان ۴۱
۳-۶-۲ پلیمرها ۴۱
فصل چهارم: مدلسازی پدیده مخروطی شدن آب ۴۳
۴-۱ مقدمه ۴۴
۴-۲ مدل‌سازی پدیده مخروطی شدن آب ۴۴
۴-۲-۱ مدل نفت سیاه ۴۵
۴-۲-۲ مدل ترکیبی ۴۵
۴-۳ روش انجام کار ۴۵
4-3-1 جمع‌آوری داده‌های مناسب ۴۸
۴-۳-۲ شبیه‌سازی مخزن مورد مطالعه ۵۰
۴-۳-۳ بررسی نتایج شبیه‌سازی ۵۴
۴-۳-۴ اعتبار سنجی نتایج حاصل از شبیه‌سازی ۵۷
۴-۳-۵ تخمین دبی بحرانی و زمان میان‌شکن آب ۶۰
فصل پنجم: بررسی عوامل موثر بر مخروطی شدن آب ۶۳
۵-۱ مقدمه ۶۴

۵-۲ تأثیر خواص مربوط به سیال مخزن ۶۴
۵-۲-۱ تأثیر اختلاف دانسیته ۶۴
۵-۲-۲ تأثیر نسبت ویسکوزیته ۶۶
۵-۳ تأثیر خواص مربوط به سنگ مخزن ۶۷
۵-۳-۱ تأثیر نسبت نفوذپذیری ۶۷
۵-۳-۲ تأثیر خواص شکاف ۶۸
۵-۴ تأثیر خواص مشترک سنگ و سیال ۷۹
۵-۴-۱ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی ۸۰
۵-۵ تأثیر دبی تولید ۸۸
۵-۶ تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر بر پدیده مخروطی‌شدن آب ۸۹
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۹۳
۶-۱ بحث و نتیجه‌گیری ۹۴
۶-۲ پیشنهادها ۹۷
منابع ۹۸
پیوست الف : معادلات مربوط به شبیه‌سازی ۱۰۱
پیوست ب: نمونه‌ای از فایل ورودی به نرم‌افزار ۱۰۳

فهرست اشکال

شکل۱-۱ مکش یکنواخت ۳

شکل۱-۲ مکش متمرکز ۳

شکل۱-۳ چاه بدون مشکل مخروطی شدن ۵

شکل۱-۴ چاه با مشکل مخروطی شدن ۵

شکل۲-۱ مدل ترکیبی شعاعی/ استوانهای یا مدل موسوم به RSC ۱۸

شکل۲-۲ تکمیل چاه با تکنولوژی DWL ۲۰

شکل۲-۳ نمودار دوبعدی جریان‌های نفت وآب از مخزن به دهانه چاه ۲۰

شکل۳-۱ الف)تکمیل چاه بصورت کامل ب) تکمیل چاه بصورت جزئی..... ۲۸

شکل۳-۲ شمای حرکت آب به سوی چاه در حالت مخروطی شدن ۲۸

شکل۳-۳ مخروطی‌شدن ۳۲

شکل۳-۴ شماتیک چگونگی حرکت سیال در سیستم ماتریکس و شکاف..... ۳۷

شکل۳-۵ سنگ مخزن شکافدار در نزدیکی سطح زمین ۳۷

شکل۳-۶ شماتیکی از مدل کاظمی ۳۹

شکل۳-۷ شماتیکی از مدل وارن و روت ۴۰

شکل۳-۸ شماتیکی از موقعیت شکافها در حالت واقعی و در مدل‌سازی..... ۴۱

شکل ۴-۱ فلوچارت مراحل شبیه‌سازی میدان و چاه مورد مطالعه ۴۷

شکل ۴-۲ خطای نتایج شبیه‌سازی به ازای تعداد شبکه‌های مختلف در مدل ۵۱

شکل ۴-۳ مدل سه‌بعدی شبیه‌سازی‌شده از مخزن ۵۳

شکل ۴-۴ شماتیکی از چگونگی قرارگرفتن شکافها درمدل ساخته‌شده ۵۳

شکل ۴- ۵ مراحل واردکردن دیتا فایل و محیط اجرای برنامه ۵۴

شکل ۴- ۶ فشار تولیدی حاصل از شبیه‌سازی برای چاههای A و B ۵۵

شکل ۴- ۷ مقادیر برش آب حاصل از شبیه‌سازی برای چاه A ۵۶
شکل ۴-۸ مقایسه فشار تولیدی حاصل از مدل شبیه‌سازی‌شده و فشارهای واقعی سیال چاه برای چاه A ۵۸
شکل ۴- ۹ مقایسه فشار تولیدی حاصل از مدل شبیه‌سازی‌شده و فشارهای واقعی سیال چاه برای چاه B ۵۸
شکل ۴- ۱۰ درصد برش آب شبیه‌سازی‌شده توسط نرم‌افزار و مقادیر واقعی برای چاه A..... ۵۹
شکل ۴-۱۱ تخمین زمان میان‌شکن آب برای چاه B ۶۱
شکل ۴- ۱۲ تخمین دبی بحرانی نفت برای چاه B..... ۶۲

شکل۵-۱ میزان تولید آب برای اختلاف دانسیته‌های مختلف نفت و آب ۶۵
شکل۵-۲ میزان تولید آب برای نسبت ویسکوزیته‌های مختلف نفت به آب ۶۷
شکل۵-۳ میزان تولید آب برای نسبت نفوذپذیری‌های مختلف سنگ مخزن ۶۸
شکل۵-۴ میزان تولید آب برای تراوایی‌های مختلف شکاف در جهت افقی ۷۱
شکل۵-۵ میزان تولید آب برای تراوایی‌های مختلف شکاف در جهت عمودی ۷۳
شکل۵-۶ میزان تولید آب برای طول‌های مختلف شکاف در جهت افقی ۷۶
شکل۵-۷ میزان تولید آب برای طول‌های مختلف شکاف در جهت عمودی..... ۷۹
شکل۵-۸ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (سنگ آب‌دوست)..... ۸۴
شکل۵-۹ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (سنگ نفت‌دوست) ۸۸
شکل۵-۱۰ میزان تولید آب برای دبی‌های مختلف نفت ۸۹
شکل۵-۱۱ تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر بر پدیده مخروطی‌شدن آب ۹۰

شکل الف- ۱ نمای یک المان در سیستم استوانه‌ای ۱۰۱

فهرست جداول

جدول ۴- ۱ویژگی سنگ مخزن و پارامترهای پتروفیزیکی مورد مطالعه ۴۸
جدول ۴- ۲ مشخصات مخزن و سیال به کار رفته در مدل ۴۹
جدول ۴- ۳ مشخصات فشار- حجم مخزن ۴۹
جدول ۴- ۴ تغییرات تراوایی نسبی و فشار موئینگی نسبت به درصد اشباع آب(ماتریکس) ۴۹
جدول ۴- ۵ مشخصات آبران و بازه‌های مشبک‌کاری در مدل ۵۰
جدول ۴-۶ مشخصات شکاف‌های به کار رفته در مدل ۵۰
جدول ۴- ۷ مقادیر خطای نرم‌افزار برای شبیه‌سازی مقادیر برش آب در چاه A..... ۶۰

جدول۵- ۱ میانگین تراوایی شکاف در جهت افقی در حالتهای مختلف مدل ساخته‌شده..... ۶۹
جدول۵ -۲ تأثیر تراوایی شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۱) ۶۹
جدول۵ -۳ تأثیر تراوایی شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۲) ۶۹
جدول۵ -۴ تأثیر تراوایی شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۳) ۶۹
جدول۵ - ۵ میانگین تراوایی شکاف در جهت عمودی ۷۱
جدول۵ -۶ تأثیر تراوایی شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۱) ۷۲
جدول۵ -۷ تأثیر تراوایی شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۲) ۷۲
جدول۵ - ۸ تأثیر تراوایی شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۳) ۷۳
جدول۵ - ۹ طول شکاف در جهت افقی در حالتهای مختلف مدل ساخته‌شده..... ۷۴
جدول۵ -۱۰ تأثیر طول شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۱) ۷۵
جدول۵ -۱۱ تأثیر طول شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۲) ۷۵
جدول۵ -۱۲ تأثیر طول شکاف در جهت افقی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۳) ۷۵
جدول۵ -۱۳ طول شکاف در جهت عمودی در حالتهای مختلف مدل ساخته شده..... ۷۷
جدول۵ - ۱۴ تأثیر طول شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۱)..... ۷۷
جدول۵ - ۱۵ تأثیر طول شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۲)..... ۷۸

جدول۵ - ۱۶ تأثیر طول شکاف در جهت عمودی بر روی میزان تولید آب (حالت شماره ۳) ۷۸
جدول۵ -۱۷ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۱ ..... ۸۰
جدول۵ - ۱۸ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۲ ..... ۸۱
جدول۵ - ۱۹ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۳ ..... ۸۱
جدول۵ - ۲۰ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۱) ۸۲
جدول۵ - ۲۱ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۲) ۸۲
جدول۵ - ۲۲ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۳) ۸۳
جدول۵ -۲۳ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۱ ..... ۸۵
جدول۵ - ۲۴ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۲ ..... ۸۵
جدول۵ - ۲۵ فشار موئینگی و تراوایی نسبی به کارگرفته شده در حالت شماره ۳ ..... ۸۶
جدول۵ - ۲۶ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۱) ۸۶
جدول۵ - ۲۷ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۲) ۸۷
جدول۵ - ۲۸ تأثیر فشار موئینگی و تراوایی نسبی بر روی تغییرات برش آب (حالت شماره ۳) ۸۷

فصل اول:

کلیات

۱-۱ مقدمه

معمولاً در میادین نفتی سعی بر این است که دبی‌های تولید در محدوده ای کنترل شوند که مانع از ورود آب به چاه تولیدی گردد. هنگامی که نفت از یک چاه حفاری شده در مخزن نفتی بیرون کشیده می‌شود، گرادیان فشار بوجود آمده به همراه نیروهای مویینگی وخاصیت ترشوندگی باعث می‌شودکه سطح مشترک آب و نفت بالا بیاید. انحراف سطح مشترک آب ونفت متقابلاً توسط نیروهای جاذبه و نیزاختلاف دانسیته‌ها متعادل می‌شوند. بسته به اینکه مقدار این نیروها چقدر باشد و کدامیک بتوانند بردیگری غلبه کنند، سطح مشترک آب و نفت ممکن است به یک حالت پایدار در زیرچاه برسد که با طی زمان، باعث تولید آب به‌صورت همزمان با نفت می‌شود که این اتفاق، نامطلوب و برای چاه و مخزن نفتی بسیار مضر می‌باشد. این بالا آمدن واحتمال خروج آب به همراه نفت از چاه نفتی به نام" مخروطی شدن آب[1]" خوانده می‌شود(Ahmed,2000).

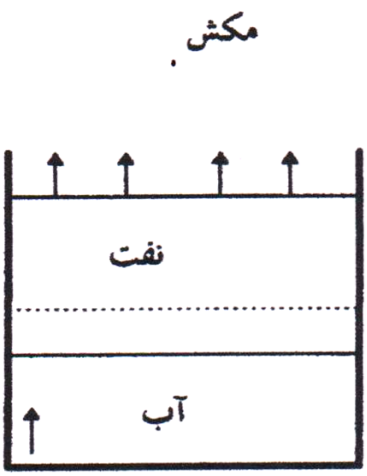
اطلاق کلمه مخروطی شدن به علت شکل مخروطی مانندی است که این پدیده به خود می-گیرد. پدیده مخروطی‌شدن در سازندهای تولیدی که در آنها آب در زیر نفت قرار دارد و یا در حالت‌هایی که آبران[2] واقع در زیر لایه نفتی با تزریق آب جهت نگهداری فشار مخزن گسترش داده می‌شود و نیز در شرایط تزریق آب و یا حلال برای بهره برداری ثانویه اتفاق می‌افتد(Ahmed,2000).

برای آشنایی بهتر با این پدیده، مطابق شکل(۱-۱) یک ظرف را که در آن دو فاز آب و نفت قرار دارند در نظر می‌گیریم. طبیعی است که آب به علت دانسیته بیشتر در زیر نفت قرارمی گیرد. تحت شرایط تعادلی سطح نفت وسطح تماس نفت وآب افقی خواهد بود. حال اگردر قسمت بالای ظرف فشار را کاهش دهیم ویا به عبارتی ایجاد مکش کنیم، با فرض اینکه سیالات به اندازه کافی تراکم ناپذیر و یا دراینجا به عبارت صحیح‌تر انبساط ناپذیر باشند، اختلاف فشار یا مکش اعمال شده سطح مذکور را به سمت بالا می‌راند. در برابر این نیروی رانش نیروی وزن سیالات نیز ایجاد مقاومتی در برابر بالا رفتن سیالات می‌کند و در نهایت در یک مقدار مشخصی از جابجایی، این دو نیرو به تعادل می‌رسند و در این حالت تعادل جدید نیز هر دو سطح به صورت افقی اما کمی بالاتر از حالت قبل

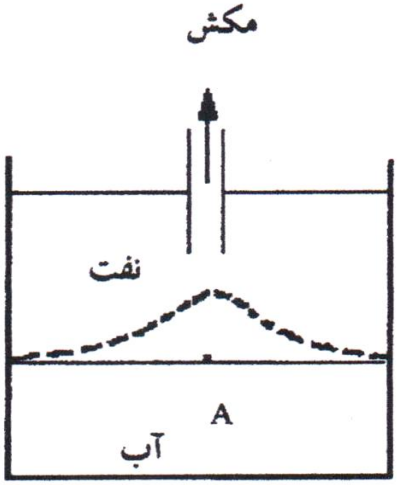
[1] - water coning
[2] - aquifer

خواهند بود که این اتفاق به صورت خط چین در شکل(۱-۱) مشخص می‌باشد. در شکل(۱-۱) خط-چین‌ها بیانگر سطح تماس ثانویه آب و نفت و خط پررنگ پایین آن، بیانگر سطح تماس اولیه آب و نفت می‌باشد.

حال اگر مطابق شکل(۱-۲) این مکش به‌صورت متمرکزتری به سطح تماس‌دوسیال برسد، همه نقاط سطح تماس دو فاز تحت نیروی رانش یکسانی واقع نمی شوند، بلکه بیشترین رانش درست در زیر نقطه مکش (نقطهA)که کمترین فاصله را با محل مکش دارد، ایجاد می شود و هر چه از نقطه A به دوطرف سمت مرزهای جانبی ظرف حرکت کنیم این نیروی رانش ضعیف تر می‌گردد تا جایی که ممکن است دیگر تقریباً هیچ نیروی رانشی به این سطح عمل نگردد، اگر چه نیروی مقاوم ثقلی در ابتدا که سطح مشترک افقی است، در همه نقاط آن یکسان می باشد(Wheatly, 1985).



شکل۱-۱ مکش یکنواخت(Wheatly, 1985)

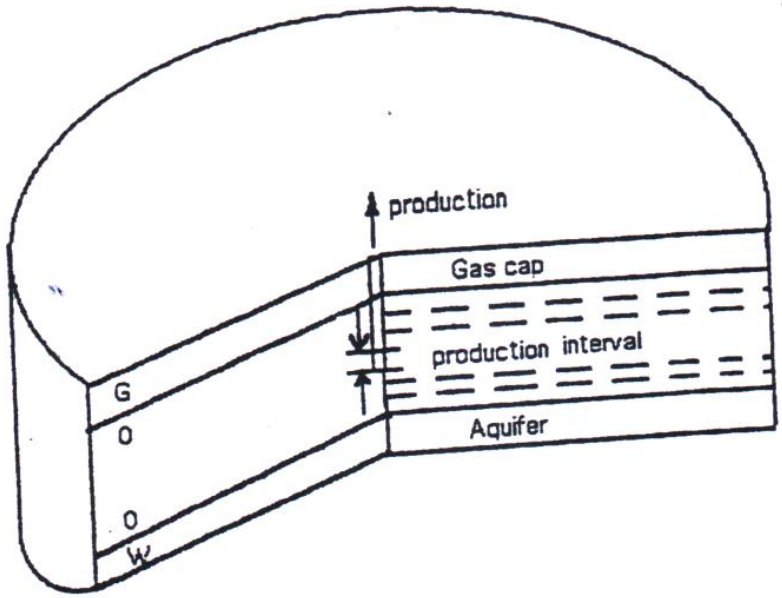


شکل۱-۲ مکش متمرکز(Wheatly, 1985)

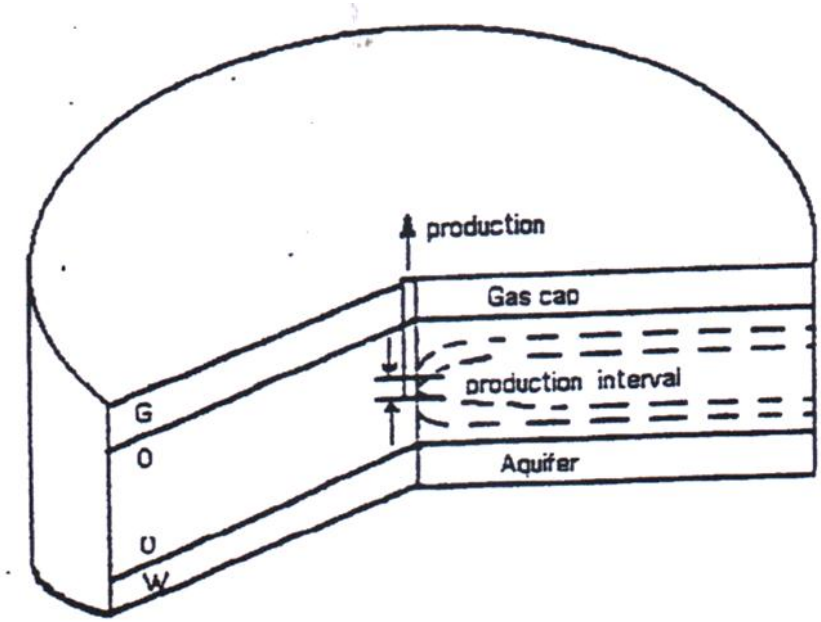
باتوجه به آنچه گفته شد، جابجایی سطح مشترک در نقطهA حداکثر وسپس در نقاط اطراف آن به تدریج کم می‌گردد. بنابراین می توان انتظار داشت که سطح تماس همانگونه که بصورت خط چین در شکل(۱-۲) مشاهده می‌شود به صورت یک مخروط در آید.

آنچه که درمورد پدیده مخروطی شدن آب در مخزن روی می دهد تا حدودی شبیه فرایندی است که در بالا توضیح داده شد. البته در مخزن به جای مکش، چاه تولیدی قرار دارد که تولید ازآن نقش مکش اعمالی را به عهده دارد. لازم به تذکر است که قسمت اعظم تولید از چاه می‌تواند از دیواره های چاه که مشبک شده اند انجام شود، ولی در مدل مذکور مکش فقط به سمت پایین اعمال‌گردید. بعلاوه دوفاز نفت وآب دربین خلل وفرج‌های موجود در سنگ مخزن قرار دارد. البته وجود همین حفره ها وکانال‌های مویین سبب می‌گردد که به دلیل همین فشارمویینگی موجود دوفاز به وسیله یک سطح مشترک که از هم جدا نگردند، بلکه بین دو منطقه آب ونفت یک منطقه انتقالی متشکل از هر دوفاز وجود داشته باشد. با این تصویر باید گفت که پدیده مخروطی شدن آب وگاز یکی از پیچیده ترین مسائل موجود مرتبط با تولید نفت از چاههاومخازن نفتی می‌باشد.

حال برای آشنایی هرچه بهتر با این پدیده در یک چاه نفتی ودر موقعیت یک مخزن نفتی می توان به اشکال (۱-۳) و(۱-۴) مراجعه نمود. در این اشکال همانگونه که مشاهده می‌گردد موقعیت یک چاه نفتی مورد بررسی قرارگرفته است. در شکل(۱-۳) تولید نفت بدون مشکل درحال انجام است و پدیده مخروطی شدن اتفاق نمی افتد وهمانگونه که ملاحظه می‌شود در این حالت سطح برخورد آب ونفت با سپری شدن زمان بصورت افقی به سمت قسمت تولیدی حرکت می‌کند. البته این شکل یک شکل شماتیک است وکمتر در یک مخزن نفتی با آن برخورد می‌کنیم.



شکل۱-۳ چاه بدون مشکل مخروطی شدن(Wheatly, 1985)



شکل۱-۴ چاه با مشکل مخروطی شدن(Wheatly, 1985)

در شکل(۱-۴) چاهی که بامشکل مخروطی شدن مواجه است مشاهده می‌شود. دراین حالت سطوح برخورد بصورت مخروطی شکل به سمت قسمت تولیدی سازند حرکت می‌کند که در نتیجه قبل از آنکه آن مقدار نفتی که باید طبق تئوری ومحاسبات از مخزن تولید شود خارج کنیم، آب در چاه نفتی تولید می‌شود(Wheatly, 1985).

همان‌طور که قبلا بیان شد، گرادیان فشار بین چاه و مخزن موجب می‌شود سطح تماس آب-نفت به سمت دهانه چاه بالا بیاید و شکلی مخروطی پیدا کند. ارتفاع این مخروط آبی به گرادیان فشار، خواص سنگ و سیال بستگی دارد که تمام این فاکتورها در نرخ تولید بحرانی دیده می‌شوند. نرخ تولید بحرانی عبارت است از بیشترین نرخ تولیدی که در دبی‌های بالاتر از آن آب به همراه نفت تولید می‌شود. به عبارتی دیگر نرخ تولید بحرانی همان حداکثر نرخ تولید نفت بدون آب می‌باشد. اگر نرخ تولید چاه از مقدار نرخ تولید بحرانی بیشتر گردد شاهد تولید آب از چاه و کاهش تولید نفت خواهیم بود(Bear,1972).

مطالعات انجام شده بروی پدیده مخروطی شدن بسیارمتنوع و زیاد می باشد. این مطالعات را شاید بتوان به دودسته تقسیم کرد: دسته اول مطالعاتی هستندکه قبل از سال ۱۹۷۰انجام شده‌اند واکثر قریب به اتفاق آنها فقط به روی این پدیده در چاههای عمودی انجام گرفته‌اند. درصورتیکه دردسته دوم که بعداز ۱۹۷۰ انجام شده اند، به علت پیشرفت تکنولوژی چاه‌های افقی، مطالعات هم بروی مخروطی‌شدن درچاه‌های عمودی وهم در چاه‌های افقی انجام گرفت. نکته جالب دیگری که در مطالعات انجام گرفته قابل مشاهده است این است که مطالعات دسته اول که بیشتر بروی چاههای عمودی است عمدتاً تحلیلی ونیز آزمایشگاهی می باشند، حال آنکه مطالعات دسته دوم با توجه به سیر تکامل کامپیوترها تحلیلی ونیز عددی هستندکه این انتقال نه تنها به علت پیچیدگی مسائل امروزه مهندسی مخزن است، بلکه به علت پیشرفت در تکنولوژی کامپیوترهاست.

یکی از اولین مطالعات انجام شده بروی مخروطی شدن که درمهندسی مخزن بطور نمونه‌ای به-عنوان اولین مطالعه شناخته می‌شود مطالعه ای است که توسط موسکات و وای‌کوف(۱۹۳۵) انجام