



زمین شناسی نفت

و آشنایی با مهندسی نفت

ترجمه و تألیف:

دکتر محمد کمال قاسم العسکری

(هیئت علمی دانشگاه صنعت نفت)

دکتر ملیحه سادات کاظمی

(عضو هیئت علمی دانشگاه)



سرشناسه	:	قاسم‌العسکری، محمدکمال، ۱۳۲۶ -
عنوان و نام پدیدآور	:	زمین‌شناسی نفت و آشنایی با مهندسی نفت / ترجمه و تألیف محمدکمال قاسم‌العسکری، ملیحه‌سادات کاظمی.
مشخصات نشر	:	تهران: ستایش، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	:	۳۴۰ ص:، مصور، جدول.
شابک	:	978-600-7445-18-1
وضعیت فهرست نویسی	:	فیب
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۳۳۹ - ۳۴۱.
موضوع	:	نفت — زمین‌شناسی
موضوع	:	نفت — مهندسی
شناسه افزوده	:	کاظمی، ملیحه‌سادات، ۱۳۳۹ -
رده‌بندی کتیره	:	۱۳۹۴ ز/۵/ق/۸۷۰۵ TN
رده‌بندی دیویی	:	۵۵۳/۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۰۱۰۴۱

etayeshi
Publication
Institute



مؤسسه انتشارات ستایش

تهران - صندوق پستی: ۹۹۵-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۶۹۴۸۹۹۵-۰۲۱-۶۶۴۸۹۹۵-۰۹۱۲

زمین‌شناسی نفت و آشنایی با مهندسی نفت

ترجمه و تألیف: محمدکمال قاسم‌العسکری و ملیحه‌سادات کاظمی

ویراستار: عباسقلی راکی

ناشر: انتشارات ستایش

نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۴

شمارگان: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۴۴۵-۱۸-۱

قیمت: ۲۲۰۰۰۰ ریال

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

سخن ناشر

ستایش خداوند جان و جهان که بخشید لطف و کرم بی‌کران
به دل و قوه‌ی الهی انتشارات ستایش با اهداف علمی- فرهنگی و انگیزه‌ی اراده‌ی
خدمات، جهت ارتقاء علمی، سطح معلومات، دانش عموم، به‌ویژه ترویج کتاب و
کتاب‌خوانی انجام می‌دهد. انتشار کتاب‌های گوناگون نموده؛ امید است بتوانیم رابطی
مؤثر بین پدیدآورندگان و خالقان باشیم... انشاءالله.
لذا از خوانندگان، محققان، استادان و صاحب‌نظران در زمینه‌های گوناگون علمی،
کامپیوتری، فنی و مهندسی به‌ویژه هندسی نفت دعوت می‌نماییم تا ما را در ارائه و
گسترش اهداف موردنظر یاری نمایند.
شایان ذکر است جهت آگاهی و سرید، آثار این انتشارات می‌توانید به سایت
www.setayeshpress.com مراجعه نموده و در صورت تمایل به همکاری یا هر نوع
انتقاد و پیشنهادی به نشانی پست‌الکترونیکی setayeshpress@yahoo.com یا
تهران صندوق پستی ۹۹۵-۱۳۱۴۵ مکاتبه نمایید.
لطف شما مایه‌ی افتخار ماست.

فهرست مطالب

پیشگفتار ۱۲

بخش اول: زمین‌شناسی نفت

فصل اول: کلیاتی در مورد زمین	۱۷
۱-۱ مقدمه	۱۷
۲-۱ اختار زمین	۱۸
۳-۱ حر فوقانی (سنگ کره)	۱۸
۱ قش میانی (گوشته)	۱۹
۵-۱ هسته	۲۰
۶-۱ تعیین اختار و ریب زمین	۲۱
۱-۶-۱ معیبه مواد ریب با مواد دیگر	۲۲
۲-۶-۱ میدان ساطیعی زمین	۲۲
۳-۶-۱ امواج زلزله	۲۲
۴-۶-۱ چگالی ویژه زمین	۲۴
۵-۶-۱ گرادیان زمین گرمایی	۲۵
۷-۱ تکتونیک صفحه‌ای	۲۵
۱-۷-۱ شواهدی بر رانش قاره‌ای	۲۵
۲-۷-۱ دلایل حرکت قاره‌ای	۲۹
۸-۱ حاشیه‌های قاره‌ای	۳۰
۱-۸-۱ حاشیه‌های قاره‌ای واگرا	۳۱
۲-۸-۱ حاشیه‌های قاره‌ای همگرا	۳۲
۳-۸-۱ حاشیه‌های قاره‌ای لغزنده	۳۳
۴-۸-۱ حاشیه‌های قاره‌ای و نفت	۳۵
۹-۱ زمان زمین‌شناسی	۳۷
۱۰-۱ توالی موجودات زنده	۳۸
۱۱-۱ مقیاس زمانی رادیومتریک	۴۱
۱۲-۱ مقیاس زمانی زمین‌شناسی	۴۱
۱۳-۱ زمین‌شناسی تاریخی	۴۶
۱۴-۱ چین‌نگاری	۴۷
۱۵-۱ پراکندگی سنگ‌ها	۴۸
۱۶-۱ پیشروی و پسروی آب دریا	۴۸
۱۷-۱ جغرافیای دیرینه و دیرینه‌شناسی	۴۹
۱۸-۱ تاریخچه‌ی زمین‌شناسی	۵۵

کتاب فصل دوم: کانی ها و سنگ ها..... ۵۷

۱-۲ کانی ها..... ۵۷

۲-۲ خواص فیزیکی کانی ها..... ۵۸

۳-۲ سنگ های نفت دار..... ۶۳

۱-۳-۲ سنگ های آذرین..... ۶۳

۲-۳-۲ سنگ های رسوبی..... ۶۵

۳-۳-۲ سنگ های دگرگونی..... ۷۳

۴-۲ چرخه سنگ ها..... ۷۹

۵-۲ محیط زیر دریا..... ۸۱

۱-۵-۲ عمق نواحی زیر دریا..... ۸۱

۲-۱-۲ ریانات دریایی..... ۸۲

۵-۱ فرسایش دریایی..... ۸۴

۴-۵-۲ یژگ های رسوبی..... ۸۵

۵-۵-۲ خط ط ساحی دریا..... ۸۷

۶-۵-۲ رسوب های دریایی..... ۸۸

۷-۵-۲ ته نشین شدن کربنات ها..... ۹۰

۸-۵-۲ رسوبات کربناته حلات دره..... ۹۲

۹-۵-۲ رسوب های تلاب ها (مرداب)..... ۹۳

کتاب فصل سوم: حوضه های رسوبی..... ۹۷

۱-۳ مقدمه..... ۹۷

۲-۳ انواع حوضه ها..... ۹۷

۳-۳ حاشیه های قاره ای..... ۱۰۱

۴-۳ طبقه بندی حوضه ها..... ۱۰۲

۵-۳ حوضه های رسوبی عمیق..... ۱۱۲

۶-۳ نفت در حوضه ها..... ۱۱۵

۷-۳ نفت در رسوب های یخچالی..... ۱۱۵

کتاب فصل چهارم: آب های زیرزمینی و دیاژنز..... ۱۱۷

۱-۴ طبقه بندی آب های زیر زمینی..... ۱۱۷

۲-۴ سفره آب زیر زمینی (aquifer)..... ۱۱۹

۳-۴ سطح ایستایی (Water Table)..... ۱۱۹

۴-۴ عوامل تغییر دهنده تخلخل و تراوایی سنگ مخزن..... ۱۲۲

۵-۴ آب های زیر زمینی همراه با نفت..... ۱۲۳

۶-۴ فرآیندهای دیاژنز بعد از رسوب گذاری..... ۱۲۵

۷-۴ دیاژنز و نفت..... ۱۲۸

کتاب فصل پنجم: ساختارهای زمین..... ۱۲۹

۱-۵ مقدمه..... ۱۲۹

۲-۵ تنش و کرنش..... ۱۳۰

۳-۵ گسل ها و گسله ها..... ۱۳۲

۱-۳-۵ اصطلاحات یک گسل..... ۱۳۲

۱۳۶	۵-۳-۲ گسل‌ها و تنش‌های سه محوره
۱۳۶	۵-۴ چین‌ها
۱۳۷	۵-۵ دسته‌بندی چین‌ها
۱۳۹	۵-۵-۲ چین‌ها و تنش‌های سه محوره
۱۴۰	۵-۵-۳ امتداد و شیب لایه
۱۴۱	۵-۶ اصل بر هم نهش
۱۴۲	۵-۷ توالی‌های کج شده
۱۴۳	۵-۷-۱ توالی سنگ‌های کج‌شده و گسل خورده
۱۴۴	۵-۷-۲ تاقدیس فرسایش یافته
۱۴۵	۵-۷-۳ شکل‌های سه‌بعدی
۱۴۶	۵-۸ توصیف هندسی
۱۵۲	۵-۹ تفسیر از ریوگرافیکی
۱۵۹	فصل ششم: تله‌های نفتی
۱۵۹	۶-۱ تله نفتی
۱۵۹	۶-۱-۱ تله‌های ساختمانی
۱۶۴	۶-۱-۲ تله‌های چین‌ی
۱۶۶	۶-۱-۳ تله‌های برکبی
۱۶۷	۶-۱-۴ تله‌های سطح ناپه سه زاویه‌دار
۱۶۸	۶-۱-۵ دگرشیمی
۱۶۹	۶-۲ نتیجه‌گیری
۱۷۱	فصل هفتم: منشأ، مهاجرت و تجمع سیس ریورها
۱۷۱	۷-۱ مقدمه
۱۷۲	۷-۲ منشأ نفت از دیدگاه جدید
۱۷۴	۷-۳ تولید نفت خام
۱۷۶	۷-۴ تولید گاز طبیعی
۱۷۹	۷-۵ مهاجرت و فاکتورهای مؤثر در مهاجرت
۱۸۳	۷-۶ تجمع نفت
۱۸۳	۷-۷ ترکیبات هیدروکربوری
۱۸۴	۷-۸ ویژگی‌های نفت خام
۱۸۷	۷-۹ ویژگی‌های گاز طبیعی
۱۸۸	۷-۱۰ فازهای نفت و گاز
۱۸۹	۷-۱۱ ویژگی‌های مخازن نفت خام
۱۸۹	۷-۱۱-۱ تخلخل
۱۸۹	۷-۱۱-۲ تراوایی
۱۹۱	۷-۱۱-۳ تراوایی نسبی
۱۹۲	۷-۱۲ رفتار مخزن در حین تولید
۱۹۶	۷-۱۳ گرادیان گرمایی
۱۹۶	۷-۱۴ عوامل فرساینده مخازن نفتی

بخش دوم: آشنایی با مهندسی نفت

۱۹۹	فصل هشتم: کلیاتی در مورد مهندسی نفت
۱۹۹	۱-۸ مقدمه
۲۰۰	۲-۸ ارتباط آب با نفت در مهندسی نفت
۲۰۳	۳-۸ تخلخل
۲۰۵	۴-۸ محاسبه حجم در جای مخزن
۲۰۸	۵-۸ قانون دارسی و کاربرد آن در مهندسی نفت
۲۰۹	۱-۵-۸ تراوایی
۲۱۰	۲-۵-۸ رابطه‌ی تخلخل و تراوایی
۲۱۱	۶-۸ توزیع دما و فشار
۲۱۱	۱-۶-۸ توزیع دما
۲۱۷	۲-۶-۸ توزیع فشار
۲۲۳	فصل نهم: عوامل پتروفیزیکی در مهندسی نفت
۲۲۳	۱-۹ مقدمه
۲۲۴	۲-۹ سنگ‌های منشأ
۲۲۵	۳-۹ سنگ‌های مخزن
۲۲۵	۴-۹ عوامل زمین‌شناسی و پتروفیزیکی
۲۲۵	۱-۴-۹ ارتباط تراوایی و تخلخل
۲۲۷	۲-۴-۹ ارتباط تخلخل و اندازه دانه‌ها
۲۲۸	۳-۴-۹ ارتباط تراوایی و شکل دانه‌ها
۲۲۹	۴-۴-۹ تراکم‌پذیری دانه‌ها
۲۲۹	۵-۴-۹ خمیره
۲۲۹	۶-۴-۹ نوع تخلخل
۲۳۰	۷-۴-۹ شکستگی‌ها
۲۳۳	۸-۴-۹ اندازه‌ی مخزن
۲۳۳	۵-۹ مخازن آواری
۲۳۷	۱-۵-۹ سرعت حفاری در مخازن آواری
۲۳۸	۲-۵-۹ ریزش شیل
۲۳۸	۳-۵-۹ شستن ماسه‌سنگ‌ها
۲۳۸	۴-۵-۹ گردش گل حفاری
۲۳۸	۵-۵-۹ ترکیب گل حفاری
۲۳۹	۶-۵-۹ اثر مت
۲۴۰	۶-۹ مخازن کربناته
۲۴۹	۱-۶-۹ سرعت حفاری در سنگ‌های کربناته
۲۴۹	۲-۶-۹ گردش گل در کربنات‌ها
۲۴۹	۳-۶-۹ شکستگی‌های سنگ‌های کربناته
۲۵۰	۴-۶-۹ بهره‌برداری و عوامل زمین‌ساختی
۲۵۰	۵-۶-۹ محیط رسوبی
۲۵۰	۶-۶-۹ تاریخچه دیازنز

۶-۹	۷-تاریخچه ساختار نکتونیکی	۲۵۱
۶-۹	۸-هوا زدگی و فرسایش	۲۵۱
۶-۹	۹-مواد بین دانه‌ای	۲۵۱
۷-۹	۷-نفتگیرها	۲۵۲
۷-۹	۱-نفت گیرهای ساختمانی	۲۵۲
۷-۹	۲-نفت گیرهای چینه‌ای	۲۵۳
۷-۹	۳-نفت گیرهای ترکیبی	۲۵۴
۸-۹	۸-نایبوستگی‌ها	۲۵۴
۸-۹	۱-ساخترهای شیلی و نمکی	۲۵۵
۸-۹	۲-مخازن شکاف‌دار	۲۵۶
کتاب فصل ۱۰: منشأ و ترکیب شیمیایی نفت‌ها		
۱-۱۰	۱-منشأ هیدروکربورها	۲۶۳
۱-۱۰	۱-۱-منشأ معدنی نفت	۲۶۳
۱-۱۰	۲-۱-۱-منشأ آلی نفت	۲۶۴
۲-۱۰	۲-طبقه‌بندی هیدروکربورها	۲۶۶
۳-۱۰	۳-ترکیب شیمیایی هیدروکربورهای طبیعی (بیتومن‌ها)	۲۶۹
۴-۱۰	۴-مهاجرت اولیه نفت و گاز	۲۷۶
۵-۱۰	۵-آب تحت فشار خارج شده از رس و شیل‌ها	۲۷۷
۶-۱۰	۶-مهاجرت ثانویه هیدروکربورها	۲۷۸
۷-۱۰	۷-گردش آب در سنگ‌های متحجّل	۲۷۹
۸-۱۰	۸-خاصیت ترشوندگی	۲۷۹
کتاب فصل ۱۱: آشنایی با اکتشاف، فرآوری و فرآورده‌های صنعت نفت		
۱-۱۱	۱-مقدمه	۲۸۱
۲-۱۱	۲-تاریخچه اکتشاف و بهره‌برداری نفت در ایران	۲۸۲
۳-۱۱	۳-فرآوری و پالایش	۲۸۴
۳-۱۱	۱-۳-فرآوری نفت خام در سرچاه	۲۸۵
۳-۱۱	۲-۳-فرآوری گاز طبیعی در سرچاه	۲۸۷
۳-۱۱	۳-۳-خصوصیات کلی فرآورده‌های نفت خام	۲۸۸
۴-۱۱	۴-۳-تغذیه اولیه پالایشگاه‌ها	۲۹۱
۴-۱۱	۴-۳-خصوصیات نفت خام	۲۹۱
۴-۱۱	۱-۴-درجه API	۲۹۲
۴-۱۱	۲-۴-میزان گوگرد (Sulfur Content)	۲۹۲
۴-۱۱	۳-۴-نقطه ریزش (Pour Point)	۲۹۲
۴-۱۱	۴-۴-کربن باقی مانده (Carbon Residue)	۲۹۲
۴-۱۱	۵-۴-میزان نمک (Salt Content)	۲۹۳
۴-۱۱	۶-۴-فاکتورهای مشخصه (Characterizon Factors)	۲۹۳
۴-۱۱	۷-۴-میزان ازن (Nitrogen Content)	۲۹۳

۲۹۴.....	۸-۴-۱۱ محدوده‌ی تقطیر (Distillation Range)
۲۹۴.....	۹-۴-۱۱ فلزهای موجود در نفت خام (Metals Content)
۲۹۴.....	۵-۱۱ جداکننده‌های دوفازی
۲۹۵.....	۶-۱۱ مشکلات جداسازی
۲۹۹.....	۷-۱۱ روش جداسازی
۳۰۵.....	فصل دوازدهم: ظهور نفت، حوزه‌های نفتی و پیمان نفتی اوپک
۳۰۵.....	۱-۱۲ ظهور نفت در ایران
۳۰۹.....	۲-۱۲ مهمترین حوزه‌های نفتی ایران
۳۰۹.....	۱-۱۲ حوزه زاگرس
۳۱۷.....	۲-۱۲ حوزه مناطق دریایی خلیج فارس
۳۲۷.....	۳-۱۲ حوزه دریای خزر
۳۳۵.....	۳-۱۲ پیمان اوپک، ایران، کشورهای صادرکننده نفت
۳۳۵.....	۱-۳-۱۲ اداف اصل کنفرانس
۳۳۶.....	۲-۳-۱۲ اساسه سازمان کشورهای صادرکننده نفت (اوپک)
۳۳۷.....	۴-۱۲ نکات مهم در مهتاسی نفت
۳۳۸.....	منابع

پیشگفتار

زمین‌شناسی نفت^۱ از ارتباط نفت با زمین صحبت می‌کند. پترو (Petro) به معنای سنگ و اولیوم (Oleum) به معنای روغنی است که از سنگ به دست می‌آید. بنابراین ارتباط پدیده‌های زمین‌شناسی با پیدایش، منشأ، ترکیب شیمیایی هیدروکربورها، اکتشاف، ارزیابی سازندهای نفت‌دار، عوامل تشکیل هیدروکربورها، نفتگیرها، تاریخچه گسترش حوضه‌های نفتی و بالاخره مهاجرت هیدروکربورها در مقیاس‌های مختلف از اصول، مبانی و مهندسی نفت و مهندسی نفت به حساب می‌آیند.

هیدروکربورین^۲ به معنای ترکیباتی که فقط از هیدروژن و کربن تشکیل یافته است. ولی هیدروکربورها دارای عناصر و ترکیبات دیگری نیز می‌باشند که به عنوان ناخالصی‌ها در فراورش نفت خام مورد بررسی قرار می‌گیرند. منشأ هیدروکربورها از سنگ‌های رسوبی است که به آن‌ها سنگ‌های منشأ یا مادر اطلاق می‌شود. سنگ‌ها با ساکنی رسوبی است که هیدروکربورها در آن بوجود می‌آیند. ولی سنگ مخزن سنگی است که هیدروکربورها را پس از تشکیل و تکمیل در خود نگهداری می‌کند. سنگ مخزن می‌تواند هر نوع سنگی باشد (رسوبی، آذرین و دگرگونی).

تله‌های نفتی (نفتگیرها)^۳ شرایطی را ایجاد می‌کنند تا هیدروکربورها بتوانند برای مدتی طولانی نگهداری شوند. پس هر عاملی که بتواند هیدروکربورها را برای مدتی طولانی در زمین نگهداری کند، نفتگیر اطلاق می‌شود. پدیده‌ی مهاجرت نفت از سنگ منشأ به سنگ مخزن در اثر عوامل متعددی صورت می‌گیرد. قابلیت ذخیره‌سازی هیدروکربورها در زمین را منابع گویند. منابعی که از نظر اقتصادی قابل دسترسی و استفاده می‌باشند به ذخائر^۴ معروف‌اند. ذخایری که هم اکنون در حال استفاده و بهره‌برداری اقتصادی می‌باشند به مخازن^۵ هیدروکربوری معروف‌اند. مخازن شامل سازندهای نفتی و گازی می‌باشند که بیشتر در تشکیلات رسوبی و گاهی در سنگ‌های آذرین و دگرگونی کشف شده‌اند.

علم زمین‌شناسی نفت از دیر باز مورد توجه بشر بوده است و اصول زمین‌شناسی نفت یکی از دروس پایه و اساسی رشته مهندسی نفت محسوب می‌شود. لذا سر فصل‌های این کتاب براساس دو درس از سرفصل‌های وزارت علوم بنام‌های زمین‌شناسی نفت و آشنایی با مهندسی نفت تدوین یافته

1 - Geology of petroleum

2 - Hydrocarbon (Hydrocarbor)

3 - Traps

4 - Resources

5 - Reserves

6 - Reservoirs

است. به همین دلیل در بخش اول و فصل اول کلیاتی در مورد زمین و رابطه‌ی آن با علوم پایه مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل دوم کانی‌شناسی و طبقه‌بندی سنگ‌ها ارائه شده است تا زیربنای زمین‌شناسی نفت پایه‌گذاری شود. در این فصل از کلیه سنگ‌های تشکیل دهنده پوسته فوقانی زمین بحث شده که بیشتر در علم زمین‌شناسی نفت به عنوان سنگ‌های منشأ (یا سنگ‌های مادر) و سنگ‌های مخازن طبقه‌بندی شده‌اند. سری‌های چینه‌ای با ساختمان‌های کوچک توانایی نگهداری نفت را گاهی در مقیاس وسیع دارا می‌باشند، ولی به علت عدم دقت در ثبت و پردازش داده‌های لرزه‌ای، معمولاً نادیده گرفته شده‌اند. در همین فصل عوامل مهم تغییر دهنده پوسته فوقانی زمین و سری‌های رسوبی در شرایط مختلف بررسی شده‌اند. در فصل سوم حوضه‌های رسوبی و محیط‌های نفت‌زا به طور کلی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل چهارم طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی و نقش آن‌ها در دیاژنز و تشکیل نفت‌ها بررسی شده است. سطوح ایستایی و دیرینه‌شناسی آب‌ها و عوامل فرسایش نیز بررسی شده‌اند. در فصل پنجم تله‌های نفتی و عوامل مهم جابجایی نفت‌ها مورد بحث قرار گرفته‌اند. در همین فصل زمین‌شناسی ساختمانی و ارتباط آن با زمین‌شناسی نفت برقرار شده است. در فصل ششم نفتگیرها و عوامل تشکیل و تغییر آن‌ها بررسی شده‌اند. در همین فصل از مقاطع لرزه‌ای برای شناسایی تله‌های نفتی و گازی در مقیاس کوچک نیز استفاده شده است. به علاوه نفتگیرهای مهم و ارتباط آن‌ها از نظر شکل، توزیع جغرافیایی و نوع آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در فصل هفتم منشأ هیدروکربورها، ترکیب شیمیایی، مهاجرت و تجمع آن‌ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در این فصل سعی شده آشکار سازهای مهم مخازن طبقه‌بندی شوند. ضوابط انواع مخازن نفتی و گازی و نقش آن‌ها در تولید بررسی شده است. ارتباط این گونه عوامل در تشکیل مخازن از اصول مهم زمین‌شناسی نفت محسوب می‌شود. از داده‌های لرزه‌ای و نمودارهای چاه برای شناسایی و طبقه‌بندی مخازن نیز استفاده شده است. در بخش دوم - فصل هشتم کلیاتی در مورد مهندسی نفت، ارتباط آب و نفت، پارامترهای پتروفیزیکی سازندهای نفت‌دار و توزیع فشار و دما در زمین مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل نهم عوامل پتروفیزیکی در مهندسی نفت به طور اخص بررسی شده‌اند. در فصل دهم منشأ و ترکیب شیمیایی نفت‌ها بیان شده است. فصل یازدهم مبانی اکتشاف، فرآورش و فرآورندهای صنعت نفت بررسی شده‌اند. فصل دوازدهم در مورد ظهور نفت در ایران، حوزه‌های نفتی ایران و پیمان اوپک می‌باشد.