

زمین‌شناسی مخازن کربناته

تشخیص، توصیف و ارزیابی خواص

مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته

□ تألیف: واین اهر

□ ترجمه: دکتر محمدرضا کمالی (عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت)

سمیه پرهام





سرشناسه	اهر، واین ام : Ahr, Wayne M
عنوان و نام پدیدآور	زمین‌شناسی مخازن کربناته: تشخیص، توصیف و ارزیابی خواص مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته/تألیف واین ام اهر؛ ترجمه محمدرضا کمالی و سمیه یرهام
مشخصات نشر	تهران: پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۳۸۲ ص: مصور، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۵۰-۸
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا :
یادداشت	Geology of carbonate reservoirs: the identification, description, and characterization of hydrocarbon reservoirs in carbonate rocks, c2008.
یادداشت	کتابنامه: ص [۲۶۱]-۳۶۶.
مکان دیگر	تشخیص، توصیف و ارزیابی خواص مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته.
موضوع	سنگ‌های کربناته.
موضوع	مخزن‌های کربناته — زمین‌شناسی.
موضوع	چینه‌شناسی.
شناسه افزوده	کمالی، محمدرضا، ۱۳۳۸- مترجم.
شناسه افزوده	یرهام، سمیه، ۱۳۵۸- مترجم.
شناسه افزوده	پژوهشگاه صنعت نفت.
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۱، الف ۲/ک ۴۷۱/۱۵ QF471
رده‌بندی دیوینی	۵۵۲/۳۸
شماره کتابشناسی ملی	۲۹۶۸۵۳۰

چاپ این کتاب پس از دوری در پنجاه و دومین جلسه شورای نشر پژوهشگاه صنعت نفت، مورخ ۱۳۹۱/۵/۱۷ به تصویب رسید.



تهران: بلوار غربی مجموعه ورزشی آزادی، پژوهشگاه صنعت نفت □ کد پستی: ۱۴۸۵۷۳۳۱۱۱
صندوق پستی: ۱۳۷-۱۴۶۶۵ □ تلفن مرکز نشر: ۲۸۰۵۲۰۳۸، دورنگار: ۴۴۷۳۹۶۸۶
وب سایت پژوهشگاه: www.ripi.ir ، E-mail: nashr@ripi.ir

زمین‌شناسی مخازن کربناته
(تشخیص، توصیف و ارزیابی خواص مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته)
تألیف: واین اهر
ترجمه: دکتر محمدرضا کمالی (عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت) و سمیه یرهام

ناشر: پژوهشگاه صنعت نفت □ ویراستار ادبی: منیر قنبریان □ صفحاراز: اشرف‌السادات حسینی
طراح جلد: پرویز بیانی □ چاپ اول: پاییز ۱۳۹۱ □ شمارگان: ۳۰۰ نسخه
قیمت: ۱۹۵۰۰۰ ریال □ چاپ: سازمان چاپ و انتشارات اوقاف
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۹۶۱-۵۰-۸ ISBN: 978-600-5961-50-8

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به پدران و مادران مهربانمان
که وجود حقیرمان از شمع وجود
نازنین‌شان جان گرفت و
آموختند به ما دانایی و فرزانی را.

امیرالمومنین علی(ع)

"ای دانشجو همانا دانش امتیازات زیادی دارد(اگر به انسانی کامل تشبیه شود): سرش تواضع
است؛ چشمش بی‌رشکی؛ گوشش فهمیدن؛ زبانش راست گفتن؛ حافظه‌اش کنجکاوی؛ دلش
حسن‌نیت؛ خردش شناختن اشیا و امور؛ دستش رحمت؛ پایش دیدار علما؛ همتش سلامت؛ حکمتش
پرهیزکاری؛ قرارگاهش رستگاری؛ جلودارش عاقبت؛ مرکبش وفا؛ اسلحه‌اش نرم‌زبانی؛ شمشیرش
رضا؛ کمانش مدارا؛ لشکرش گفتگوی با علما؛ ثروتش ادب؛ پس‌اندازش دوری از گناه؛ توشه‌اش
نیکی؛ آشامیدنش سازگاری؛ رهبرش هدایت و رفیقش دوستی نیکان."

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۳	پیشگفتار ناشر
۱۵	پیشگفتار مترجمان
۱۷	پیشگفتار نویسنده
۲۱	کتاب حاضر
۲۳	فصل اول: مقدمه
۲۷	۱-۱- تعریف مخازن کربناته
۲۷	۱-۱-۱- کربنات‌ها
۲۹	۱-۱-۲- مخازن
۳۱	۲-۱-۱- اکتشاف و توسعه مخازن کربناته
۳۲	۱-۲-۱- منابع اطلاعات در مخازن
۳۵	۳-۱- ویژگی منحصر به فرد سنگ‌های کربناته
۳۹	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیشتر
۳۹	سئوالات مروری
۴۱	فصل دوم: خصوصیات سنگ مخزن کربناته
۴۳	۱-۲- تعاریف
۴۵	۲-۲- ویژگی‌های بنیادی سنگ
۴۶	۱-۲-۲- بافت
۴۹	۲-۲-۲- فابریک
۵۱	۳-۲-۲- ترکیب
۵۲	۴-۲-۲- ساختمان‌های رسوبی
۵۳	۳-۲- طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته
۵۹	۱-۳-۲- طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته تخریبی (آواری)

صفحه	عنوان
۶۱	۲-۲-۲- طبقه‌بندی سنگ‌های ریفی
۶۵	۲-۳-۳- طبقه‌بندی ژنتیکی رایت
۶۵	۲-۴-۴- ویژگی‌های وابسته یا اشتقاقی سنگ
۶۶	۲-۴-۱- تخلخل
۸۱	۲-۴-۲- یک طبقه‌بندی ژنتیکی جدید برای تخلخل در سنگ‌های آهکی
۸۴	۲-۴-۳- تراوایی
۸۸	۲-۵-۵- ویژگی‌های درجه سوم سنگ
۸۸	۲-۵-۱- نمودارهای سرچاهی و مخازن کربناته
۹۶	۲-۵-۲- ویژگی‌های درجه سوم سنگ و لرزه‌نگار
۹۸	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیش‌تر
۹۹	سئوالات مروری
۱۰۱	فصل سوم: ویژگی‌های پترو فیزیکی مخازن کربناته
۱۰۳	۳-۱-۱- اشباع، ترشوندگی و خواص موینگی
۱۰۳	۳-۱-۱-۱- اشباع
۱۰۹	۳-۱-۲- ترشوندگی
۱۱۱	۳-۱-۳- خواص موینگی
۱۱۲	۳-۲- فشار موینگی و عمل کرد مخزن
۱۱۳	۳-۲-۱- حفرات فشار موینه، منفذ و دهانه منفذی
۱۱۸	۳-۲-۲- تبدیل فشارهای موینه هوا- جیوه به معادل نفت- آب
۱۱۸	۳-۲-۳- ارتفاع ستون نفت بالای تراز آب آزاد
۱۱۹	۳-۲-۴- ارزیابی ظرفیت پوش سنگ
۱۱۹	۳-۳- کارایی ترک سیال
۱۲۳	سئوالات مروری
۱۲۵	فصل چهارم: اصول جینه‌نگاری
۱۲۹	۴-۱- پلات فرم‌های رسوبی کربناته
۱۳۲	۴-۱-۱- شلف‌های حاشیه‌دار و باز
۱۳۵	۴-۱-۲- رمپ‌های هم‌کلینال (با شیب یک‌نواخت) و رمپ‌های با بخش پرشیب انتهایی
۱۳۷	۴-۲- واحدهای سنگی، زمانی و زمان- سنگی
۱۳۷	۴-۲-۱- واحدهای سنگی
۱۳۹	۴-۲-۲- واحدهای زمانی

صفحه	عنوان
۱۴۱	۴-۲-۳- واحدهای زمان - سنگی
۱۴۱	۴-۳- تطابق
۱۴۴	۴-۴- آناتومی واحدهای رسوبی
۱۴۷	۴-۴-۱- رخساره‌ها، توالی‌ها و سکانس‌ها
۱۵۱	۴-۴-۲- تقسیمات محیطی و توالی‌های رسوبی استاندارد
۱۵۸	۴-۵- چینه‌نگاری سکانشی
۱۵۸	۴-۵-۱- تعاریف و مقیاس مشاهدات
۱۶۳	۴-۵-۲- چینه‌نگاری سکانشی در مخازن کربناته
۱۶۴	۴-۵-۳- کاربرد چینه‌نگاری سکانشی در اکتشاف و توسعه میادین
۱۶۶	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیش‌تر
۱۶۷	سئوالات مروری
۱۶۹	فصل پنجم: مخازن کربناته رسوبی
۱۷۳	۵-۱- تخلخل رسوبی
۱۷۵	۵-۲- محیط‌های رسوبی و فرآیندهای ته‌نشستی
۱۷۷	۵-۲-۱- محیط ساحلی - دون
۱۷۹	۵-۲-۲- ویژگی‌های رسوبی سنگ در توالی‌های ساحلی - دونی
۱۸۶	۵-۲-۳- محیط‌های پهنه جزرومدی و لاگون
۱۸۹	۵-۲-۴- ویژگی‌های رسوبی سنگ در توالی‌های پهنه جزرومدی - لاگون
۱۹۱	۵-۲-۵- محیط زیر جزرومدی کم‌عمق (نریتیک)
۱۹۵	۵-۲-۶- ویژگی‌های رسوبی سنگ در توالی‌های زیر جزرومدی کم‌عمق
۱۹۶	۵-۲-۷- محیط‌های شکست شیب
۱۹۷	۵-۲-۸- ویژگی‌های رسوبی سنگ در توالی‌های شکست شیب
۱۹۹	۵-۲-۹- محیط شیب
۲۰۱	۵-۲-۱۰- ویژگی‌های رسوبی سنگ در توالی‌های شیب - انتهای شیب
۲۰۲	۵-۲-۱۱- محیط‌های رسوبی حوضه‌ای
۲۰۵	۵-۲-۱۲- ویژگی‌های رسوبی سنگ در محیط‌های حوضه
۲۰۷	۵-۲-۱۳- توالی‌های رسوبی رسم‌شده ایده‌آل
۲۰۹	۵-۳- توپوگرافی دیرینه و رخساره‌های رسوبی
۲۱۲	۵-۳-۱- تشخیص و نقشه‌برداری مخازن ته‌نشستی
۲۱۵	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیش‌تر

صفحه	عنوان
۲۱۶	سئوالات مروری
۲۱۹	فصل ششم: مخازن کربناته دیاژنتیکی
۲۲۱	۱-۶- دیاژنز و فرآیندهای دیاژنتیکی
۲۲۲	۱-۱-۶- تعریف دیاژنز
۲۲۳	۲-۱-۶- فرآیندهای دیاژنزی
۲۲۸	۲-۶- تخلخل دیاژنتیکی
۲۳۲	۳-۶- محیط‌ها و رخساره‌های دیاژنتیکی
۲۳۴	۱-۳-۶- رخساره‌های دیاژنتیکی
۲۳۶	۴-۶- تخلخل افزایش یافته با دیاژنز
۲۳۹	۱-۴-۶- افزایش تخلخل بر اثر تبلور مجدد
۲۴۱	۲-۴-۶- افزایش تخلخل بر اثر انحلال
۲۴۳	۳-۴-۶- تخلخل مرتبط بر اثر انحلال بزرگ مقیاس
۲۴۵	۴-۴-۶- تخلخل افزایش یافته بر اثر جانشینی
۲۴۶	۵-۴-۶- تشخیص تخلخل افزایش یافته
۲۴۷	۵-۶- تخلخل کاهش یافته بر اثر دیاژنز
۲۴۸	۱-۵-۶- کاهش تخلخل بر اثر فشردگی
۲۴۹	۲-۵-۶- کاهش تخلخل بر اثر تبلور مجدد
۲۴۹	۳-۵-۶- کاهش تخلخل بر اثر جانشینی
۲۵۱	۴-۵-۶- کاهش تخلخل بر اثر سیمانی شدن
۲۵۴	۵-۵-۶- تشخیص تخلخل کاهش یافته با دیاژنز
۲۵۶	۶-۶- تشخیص و نقشه‌برداری مخازن دیاژنتیکی
۲۶۰	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیشتر
۲۶۱	سئوالات مروری
۲۶۳	فصل هفتم: مخازن شکاف‌دار
۲۶۵	۱-۷- شکستگی‌ها و مخازن شکاف‌دار
۲۶۶	۱-۱-۷- تعریف شکستگی‌ها
۲۶۷	۲-۱-۷- انواع شکستگی‌ها
۲۶۸	۳-۱-۷- طبقه‌بندی ژنتیکی شکستگی‌ها
۲۷۰	۴-۱-۷- مورفولوژی شکستگی
۲۷۴	۵-۱-۷- محل پیدایش شکستگی‌ها

صفحه	عنوان
۲۷۶	۲-۷- تراوایی شکستگی، تخلخل و S_w
۲۷۶	۱-۲-۷- تراوایی شکستگی
۲۷۸	۲-۲-۷- تخلخل شکستگی
۲۸۰	۳-۲-۷- تعیین S_w در مخازن شکافدار
۲۸۱	۳-۷- طبقه‌بندی مخازن شکافدار
۲۸۲	۴-۷- شناسایی مخازن شکافدار
۲۸۳	۱-۴-۷- مشاهده مستقیم شکستگی‌ها در چاه
۲۸۴	۲-۴-۷- روش‌های غیرمستقیم در شناسایی و تشخیص شکستگی‌ها در چاه
۲۸۷	۵-۷- تخمین پهنای بازشدگی و چگالی شکستگی
۲۸۷	۱-۵-۷- عوامل موثر در پهنای بازشدگی و چگالی شکستگی
۲۸۸	۶-۷- شناسایی و توسعه مخازن شکافدار
۲۹۰	منابع پیشنهادی برای مطالعات بیشتر
۲۹۰	سئوالات مروری
۲۹۳	فصل هشتم: خلاصه زمین‌شناسی مخازن کربناته
۲۹۵	۱-۸- ویژگی‌های سنگ و روش‌های تشخیص مخازن
۲۹۶	۱-۱-۸- ویژگی‌های بنیادی سنگ و مخازن ته‌نشستی
۲۹۷	۲-۱-۸- مورفولوژی مخازن
۲۹۸	۳-۱-۸- ویژگی‌های مشتق‌شده: تخلخل و تراوایی
۲۹۹	۴-۱-۸- خصوصیات درجه سوم و ویژگی‌های پتروفیزیکی
۳۰۲	۲-۸- اطلاعات لازم
۳۰۲	۱-۲-۸- بررسی‌ها در مقیاس ناحیه‌ای
۳۰۳	۲-۲-۸- مطالعات در مقیاس میدان
۳۰۴	۳-۲-۸- رتبه‌بندی کیفی واحدهای جریانی
۳۰۵	۴-۲-۸- اشکال در مقیاس حفره
۳۰۶	۳-۸- مخازن رسوبی
۳۰۶	۱-۳-۸- شناسایی و تفسیر مخازن رسوبی
۳۱۲	۲-۳-۸- نمونه‌های انتخاب‌شده از مخازن رسوبی
۳۲۴	۴-۸- مخازن دیاژنتیکی
۳۲۵	۱-۴-۸- اکتشاف و توصیف مخازن دیاژنتیکی
۳۲۷	۲-۴-۸- مثال‌هایی از مخازن دیاژنتیکی

صفحه	عنوان
۳۴۲	۸-۵- مخازن شکافدار
۳۴۳	۸-۵-۱- یافتن و تفسیر مخازن شکافدار
۳۴۴	۸-۵-۲- نمونه‌هایی از مخازن شکافدار
۳۵۵	۸-۶- نتیجه‌گیری
۳۶۱	سئوالات مروری
۳۶۳	منابع

www.ketab.ir

پیشگفتار ناشر

از زمان فوران اولین چاه نفت ایران و خاورمیانه در مسجد سلیمان و تولد صنعت نفت ایران صد سال می‌گذرد. از آن زمان که مردم تنها برای روشنایی از نفت خام استفاده می‌کردند تاکنون، که تقریباً در هر صنعتی در دنیای از نفت خام و فرآورده‌هایش دیده می‌شود، پژوهش‌گران مختلف در تمام زمینه‌ها و کاربردهای مربوط به نفت خام تحقیقات فراوانی انجام داده‌اند که پیشرفت‌های فناوری وسیع را در زمینه صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در پی داشته است. چگونگی ظهور و بروز فناوری و نحوه به‌کارگیری آن مقدار تولید صنعت نفت را در آینده تعیین خواهد کرد.

تحقیق و پژوهش، در صد سالگی صنعت نفت ایران، بسیار جوان‌تر از این صنعت است و ما هنوز در گام‌های اولیه فعالیت‌های علمی در این صنعت هستیم. واضح است که پژوهش در صنعت نفت با بازدهی متناسب با تجربه و قدمت تاریخی آن حرکت نکرده است و صد افسوس که مشکلات و ویژگی‌های آن به خوبی شناخته نشده‌اند. خللت‌هایی همچون زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن، ریسک‌پذیری، کیفیت نه چندان مطلوب، مشکلات عدم تأمین مالی به موقع و عدم وجود ضمانت‌های لازم از مولفه‌های ذاتی نهفته در پژوهش‌اند.

به رغم وجود این چالش‌های سنگین، تعامل مستقیم پژوهش و فناوری می‌تواند اقتدار و توسعه واقعی فناوری و مدیریت دانش را در صنعت نفت به همراه داشته باشد به این خاطر مرکز نشر پژوهشگاه صنعت نفت، با بهره‌گیری از خرد جمعی نخبگان علمی و فنی کشور در بخش پژوهش و فناوری و نیز توسعه ارتباط با مراکز علمی، پژوهشی و صنعتی محلی داخلی و خارجی و مشارکت با آنان برای توسعه رشته‌ها و علوم و فنون وابسته به صنعت نفت و در پی آن انجام پروژه‌ها و طرح‌های توسعه‌ای و انتشار کتب علمی - آموزشی و پژوهشی، گامی بلند در رسیدن به این هدف برمی‌دارد.

کتاب پیش رو با عنوان «زمین‌شناسی مخازن کربناته (تشخیص، توصیف و ارزیابی خواص مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته)» نوشته واین اهر و ترجمه دکتر محمدرضا کمالی و مهندس سمیه پرهام، یکی دیگر از مجموعه انتشارات جدید پژوهشگاه است که با هدف توسعه دانش در صنعت نفت منتشر می‌شود و امید است مورد استفاده پژوهش‌گران و دانشجویان محترم قرار گیرد.

پیشگفتار مترجمان

آشنایی با کتاب ارزشمند "زمین‌شناسی مخازن کربناته" و ترجمه آن توفیقی بود که خداوند را به خاطر آن شاکریم. در این کتاب آخرین دستاوردها در زمینه مطالعه مخازن کربناته ارائه شده‌اند و منبعی مناسب برای دانشجویان و پژوهشگران این رشته به شمار می‌رود و امید است که به پژوهشگران در خلق ایده‌های جدید در مطالعه مخازن کربناته کمک کند.

در این کتاب اطلاعاتی که پژوهشگران برای اکتشاف و توسعه مخازن کربناته نیاز دارند ارائه و راه‌های ارزیابی مخازن از انواع ابتدایی تا پیچیده‌تر، بررسی شده‌اند؛ از آن جمله می‌توان به توضیح مکان و چگونگی تشکیل مخازن کربناته، توضیح ویژگی‌های مخزنی و ارتباط سنگ‌ها و سیالات؛ بررسی مخازن کربناته ته‌نشستی، دیازتیک و شکاف‌دار و پیشنهاد طبقه‌بندی ژنتیکی جدید برای تخلخل اشاره کرد.

هدف این کتاب کمک به پژوهشگران برای اکتشاف و توسعه مؤثرتر و اقتصادی‌تر منابع عظیم موجود در مخازن کربناته است؛ بنابراین این کتاب برای زمین‌شناسان نفت، ژئوفیزیست‌ها، مهندسان و دانشجویان این رشته‌ها تالیف شده است و همچنین منبعی مفید برای زمین‌شناسان آب‌شناسی و زیست‌محیطی است، زیرا مخازن و آب‌خوان‌ها تنها از لحاظ سیال موجود در سنگ با هم متفاوت هستند.

با وجود تلاش فراوان در ترجمه این کتاب، بی‌تردید حاصل کار خالی از اشکال نیست. از صاحب‌نظران، اساتید و دانشجویان محترم که با ارائه نظرات سودمند خود به بهبود هر چه بیش‌تر این نوشتار کمک می‌کنند پیشاپیش سپاسگزاریم و از تمام عزیزانی که ما را در مسیر ترجمه این کتاب ارزشمند یاری کرده‌اند تشکر می‌کنیم؛ از جمله آقای دکتر موسوی جرمی، داور کتاب، که با نظرات ارزشمند خود ما را در بهبود کتاب یاری کردند؛ خانم دکتر فاطمه پرهام که در طی مراحل ترجمه گره‌گشای مسایل بودند؛ آقای مهندس عل‌اکبر رحیمی‌بهار و خانم مهندس لیلا منقاد، که بخش‌های پتروفیزیکی و مهندسی مخزن این کتاب را مطالعه کردند و نکاتی ارزنده را متذکر شدند؛ خانم الهام بغدادی که زحمت تایپ کتاب را متحمل شدند؛ خانم منیر قنبریان به خاطر پیگیری‌های ارزشمندشان و خانم اشرف‌السادات حسینی به خاطر صفحه‌آرایی کتاب.

در پایان از خداوند متعال پیروزی و بهروزی روزافزون تمام این عزیزان را خواهیم.

محمدرضا کمالی و سمیه پرهام

تابستان ۱۳۹۱

پیشگفتار نویسنده

این کتاب به زمین‌شناسی مخازن هیدروکربنی در سنگ‌های کربناته می‌پردازد و هر چند برای زمین‌شناسان نفت، ژئوفیزیک‌دانان و مهندسان نوشته شده است، اما می‌تواند منبعی مفید برای آب‌شناسان و زمین‌شناسان زیست‌محیطی نیز باشد، زیرا مخازن و آب‌خوان‌ها تنها از نظر سیالی که در مخزن است با یکدیگر متفاوت‌اند. محققان زمین‌شناسی زیست‌محیطی که به مباحث انتقال آلاینده‌ها و دفع ضایعات خطرناک علاقه‌منداند نیز باید با تخلخل (ظرفیت ذخیره‌سازی) و تراوایی (ظرفیت انتقال) سازندهای زیرسطحی آشنا باشند. دو فصل نخست کتاب به تعاریف و ویژگی‌های سنگ که بر حرکت سیال اثر می‌گذارند و فصل سوم به بررسی خواص مخزنی یا به عبارتی درهم‌کنش سنگ و سیال و چگونگی تاثیر خواص سنگ بر اشباع‌شدگی، ترشوندگی، موینگی، فشار مویینه و کیفیت مخزن اختصاص دارند.

سنگ‌های کربناته از بسیاری جهات با سنگ‌های سیلیسی‌کلسی تفاوت دارند، اما قوانین فیزیکی که حرکت سیال را در ماسه‌سنگ‌های آواری کنترل می‌کنند، رفتار سیال را در کربنات‌ها نیز تحت کنترل دارند؛ بنابراین، بسیاری از اصولی که در این کتاب توضیح داده شده‌اند برای مخازن و آب‌خوان‌های هر سنگ متخلخل و تراوایی کاربرد دارند. سنگ‌های کربناته و سیلیسی‌کلسی تفاوت‌هایی بنیادین دارند که باید به آنها توجه کرد و آگاهی از این تفاوت‌ها می‌تواند در اکتشاف، توسعه و مدیریت مخازن و آب‌خوان‌ها سودمند باشد.

این کتاب محصول تدریس درس مخازن کربناته در سطح تحصیلات تکمیلی در دانشگاه تگزاس است و به عنوان کتاب درسی ویژه دانشجویان زمین‌شناسی، مهندسی و ژئوفیزیک در مقطع کارشناسی ارشد و بالاتر تدوین شده است. امید است این کتاب همچنین برای علاقه‌مندان به ادامه تحصیل و نیز متخصصان در حوزه صنعت، به ویژه کسانی که تخصص کافی در زمینه سنگ‌ها و مخازن کربناته ندارند، مفید باشد.

بررسی کامل و همه‌جانبه این موضوع در کتابی با حجم حدود ۳۰۰ صفحه و با تعدادی محدود تصویر کاری بس دشوار است. از این رو در نوشتار حاضر صرفاً به اصول بنیادی این حوزه پرداخته شده است. در باب رسوب‌شناسی کربنات‌ها، چینه‌شناسی، ژئوشیمی و پتروگرافی تاکنون مطالعات بسیاری انجام شده و آرایه تاریخی که کامل این مطالعات ناممکن است. در این کتاب صرفاً به شکلی محدود به نمودارگیری از چاه و لرزه‌شناسی پرداخته شده، زیرا بحث در این زمینه مستلزم آرایه توضیحات مبسوط و مثال‌هایی فراوان است که فراتر از مجال این جستار است. با این حال، سعی شده است با پیشنهاد منابعی برای مطالعات بیش‌تر در پایان هر فصل این کاستی‌ها جبران شوند.

مخاطبان اصلی این کتاب دانشجویان هستند و نه کارشناسان؛ تجربه ۳۸ سال تدریس در دانشگاه و دروس تحصیلات تکمیلی نشان داده است که در یک ترم تحصیلی دانشجویان مطالبی محدود را می‌توان به کفایت تدریس کرد؛ لذا مطالب این کتاب در حد گنجایش یک ترم معمول دانشگاهی محدود و فشرده شده‌اند. بدیهی است که برای این هدف باید موضوعات و منابع انتخاب می‌شدند که در شناخت سنگ‌ها و مخازن کربناته مفیدتر باشند. دیگر منابع موجود در حوزه مخازن کربناته را، از جمله آثار چیلینگر^۱ و همکارانش (۱۹۹۲)، لوسیا^۲ (۱۹۹۹) و مور^۳ (۲۰۰۱) که به جنبه‌های مهندسی مخازن کربناته (چیلینگر و لوسیا) یا چینه‌نگاری سکاسی (مور) پرداخته‌اند، نمی‌توان منابع مرجع در حوزه زمین‌شناسی عمومی مخازن کربناته دانست. هدف از نگارش کتاب حاضر آشنایی دانشجویان و متخصصان با چربی و چگونگی تشکیل مخازن کربناته و نیز زمان و مکان تشکیل آنهاست. همچنین نحوه شناسایی، تحلیل و نقشه‌برداری انواع اصلی تخلخل در مخازن کربناته رسوبی، دیاژنتیکی یا شکاف‌دار آموزش داده خواهند شد. در این کتاب توجه ویژه بر انواع ژنتیکی تخلخل معطوف شده است.

دو موضوع در این کتاب تکرار می‌شوند:

۱- امکان ندارد مخازن کربناته را بدون مشاهده سنگ‌ها شناخت؛

۲- کسی نمی‌تواند، بدون این که از طبقه‌بندی ژنتیکی برای تخلخل در سنگ‌های کربناته استفاده کند، توزیع فضایی سنگ و خواص مخزنی مرتبط با سازوکار علت و معلولی را با دقت توضیح دهد. زمین‌شناسان، مهندسان، ژئوفیزیکدانان و زمین‌شناسان اکتشاف این کتاب را مفید خواهند یافت، زیرا بر ارتباط سنگ و خواص مخزنی تأکید می‌کند. مکتشفان باید بدانند تشخیص تفاوت انواع ژنتیکی تخلخل در مخازن کربناته مفید است زیرا استراتژی‌های اکتشافی باید براساس مفاهیم زمین‌شناسی استوار شوند که آن نیز براساس آگاهی از این است که کجا و چگونه تخلخل و تراوایی ممکن است در رخساره‌های رسوبی، دیاژنتیکی یا در سنگ‌های شکاف‌دار با هم تشکیل شده باشند.

در میان زمین‌شناسان نفت، مرسوم است که برای اهداف تولیدی یا اکتشافی خود به دنبال یک نمونه مشابه یا آنالوگ بگردند. این کاربرد اشکال زمین‌شناسی این فرض را ایجاد می‌کند که مدل‌های مخزنی را می‌توان، با اندکی تغییرات ساختمانی در ویژگی‌های مخزنی، از یک زمان و مکان زمین‌شناسی برای زمان و مکان زمین‌شناسی دیگر استخراج کرد. اگر چه زمین‌شناسان اغلب باید توضیح دهند که چرا انتخاب نمونه مشابه برای پیش‌بینی کاهش تخلخل ته‌نستی یا دیاژنتیکی با شکست مواجه شده یا این که مدل‌های ساختمانی یا چینه‌شناسی برای اهداف اکتشافی پس از حفاری و رسیدن به عمق موردنظر درست از آب در نیامده‌اند. آنالوگ‌ها به راحتی نمونه مشابه میدان در حال مطالعه را نشان می‌دهند اما کمکی به توضیح پیشامدهای غیرمنتظره نمی‌کنند. آنها فاقد اطلاعاتی برای یافتن مخازن هیدروکربنی در موقعیت‌های مختلف زمین‌شناسی و اطلاعات لازم

¹ Chilingar

² Lucia

³ Moore

برای توسعه مخازن کربناته با روش‌های قابل استفاده هستند.

این کتاب بیش‌تر بر روش‌های ارایه‌دهنده مفاهیم زمین‌شناسی تکیه دارد تا این که از نمونه‌های مشابه میدان در حال مطالعه برای پیش‌بینی توزیع فضای تخلخل و تراوایی استفاده کند. مجموعه سنگ‌هایی که ارتباط تخلخل و تراوایی آنها بهینه است و کم‌ترین مقاومت را در برابر جریان سیال دارند واحد جریانی نامیده می‌شود (منشا این واژه بعداً توضیح داده خواهد شد). هنگامی که واحدهای جریانی مشخص و براساس خواص سنگی و مخزنی رتبه‌بندی شدند، می‌توان نقشه‌های دقیق را طرح‌ریزی کرد و محاسبات حجمی و پیش‌بینی‌های اقتصادی را انجام داد. با روش‌های بازیافت اولیه تنها حدود یک‌سوم نفت برجای اولیه جهان استحصال می‌شود و برآورد شده است حدود ۸۹۱ بیلیون بشکه یا بیش‌تر از نفت موجود در مخازن بر جای مانده است (اهلبرانت^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). اگر منابع آزاد نفت و گاز طبیعی نیز در نظر گرفته شوند، این عدد بزرگ‌تر نیز خواهد شد. اگر بتوان واحدهای جریانی مخزنی را با دقتی بیش از آنچه قبلاً امکان داشت نقشه‌برداری کرد، درصدی مهم از یک تریلیون بشکه نفت باقی‌مانده را می‌توان با روش‌های جدید ازدیاد برداشت استحصال کرد. آگاهی از اندازه، شکل و ارتباطات واحدهای جریانی و روش‌های بازیافت مرحله دوم و سوم، به ویژه با قیمت‌های امروزی نفت، از نظر اقتصادی جالب توجه خواهد بود. این حلقه به ویژه زمانی صادق خواهد بود که قیمت نهایی حفاری و تولید منابع آبی عمیق، کشمکش‌های ژئوپلیتیک و ریسک حفاری چاه‌های خشک با قیمت‌های استخراج از مخازن مشخص و تأییدشده مقایسه شود. همچنین اگر آب‌شناسان (هیدروژئولوژیست‌ها) نقشه‌های دقیق ارتباط آب‌خوان‌ها را داشته باشند، مدل آنها برای جریان آب‌های زیرسطحی یا راه‌های انتقال آلاینده‌ها بسیار بهبود خواهد یافت. اگر واحدهای سدی با دقتی بیش‌تر نقشه‌برداری شوند، ارزیابی مکان دفع ضایعات خطرناک بسیار بهتر خواهد شد. این موضوعات، تنها تعدادی معدود از انگیزه‌های آموختن درباره مخازن و آب‌خوان‌های کربناته است. من بدون تشویق دانشجویانی فارغ‌التحصیل که درس مخازن کربناته را در طی چند سال گذشته با من داشته‌اند و همیشه از من می‌خواستند که کتابی برای این درس بنویسم، این پروژه را به انجام نمی‌رساندم. دوست قدیمی، رابرت استنتون^۲، بعضی از فصل‌های اول کتاب را مطالعه و نکاتی ارزشمند را پیشنهاد کرد. ریک ماژور و هریس^۳ نسخه‌های اولیه کل کتاب را مطالعه کردند و به من دل‌گرمی دادند و مرا برای ادامه کار راهنمایی و پیشنهادهایی را نیز ارایه کردند که کیفیت کتاب را بسیار بهبود بخشید.

واین اهر

کالج استیشن، تگزاس

دسامبر ۲۰۰۷

^۱ Ahlbrandt

^۲ Robert Stanton

^۳ Rick Major and P.M.(Mitch) Harris

کتاب حاضر

برای شناخت سنگ‌های کربناته در مقیاس میدان، ابتدا باید آنها را در مقیاس تخرخل شناسایی کرد. مخازن کربناته سنگ‌های متخرخل و تراوای حاوی هیدروکربن هستند. تخرخل در این سنگ‌ها از سه گروه ژنتیکی اصلی منشا گرفته است: تخرخل کاملاً ته‌نشستی، تخرخل کاملاً دیاژنتیکی و تخرخل کاملاً شکستگی. البته انواع حد واسطه نیز وجود دارند، اما این سه گروه اصلی تخرخل هستند که فرآیندهای زمین‌شناسی مختلف را به‌وضوح نشان می‌دهند. قبل از این که محقق بتواند این تفاوت‌ها را کاملاً ارزیابی کند و در تشخیص تفاوت‌های انواع مخازن مهارت یابد، باید بداند که سنگ کربناته چیست؟ کی و چگونه تشکیل شده و چگونه به مخزن تبدیل شده است؟ همچنین باید تفاوت مخازن، تله‌ها و پوش‌سنگ‌ها را بداند و بیاموزد که ارزیابی مخازن کربناته، مطالعه سنگ و سیال درون آن است. واژه مؤثر سنگ است. سنگ‌های کربناته از ذرات و احتمالاً زمینه‌ای از گل کربناته و سیمان تشکیل شده‌اند. ذرات اسکلتی و غیراسکلتی، به علاوه گل و سیمان موجود در سنگ، حجمی عظیم از اطلاعات را درباره محیط رسوبی و محیط دیاژنتیکی تشکیل‌دهنده سنگ مخزن در خود دارند. این کتاب با تعاریف، بحث درباره چگونگی، مکان و چرایی تشکیل کربنات‌ها و چگونگی استفاده از ویژگی‌های بنیادی سنگ برای طبقه‌بندی سنگ‌ها شروع می‌شود. تخرخل و تراوایی متغیر هستند و تغییرات آنها را ویژگی‌های سنگ کنترل می‌کند. این کتاب به بررسی این مسئله می‌پردازد که طبقه‌بندی‌های سنگ منطبق بر طبقه‌بندی‌های تخرخل قدیمی بوده‌اند یا خیر؛ بنابراین ویژگی‌های مخازن مانند اشباع‌شدگی، ترشوندگی، مویینگی و فشار مویینه بررسی می‌شوند.

به نمودارهای سرچاهی ژئوفیزیکی نیز به شکل خلاصه اشاره می‌شود، زیرا اطلاعاتی را درباره ویژگی‌های درجه سوم سنگ‌ها در اختیار می‌گذارند. نمودارها اطلاعاتی مهم را برای ساخت مدل‌های استاتیک و دینامیک برای محاسبه ویژگی‌های سیالات مانند اشباع‌شدگی و حجم نفت متحرک، تطابق چینه‌نگاری و توصیف ویژگی‌های سنگ‌شناسی در چاه‌های فاقد مغزه فراهم می‌کنند. به این مطالب به طور خلاصه اشاره می‌شود، زیرا مطالبی گسترده درباره نمودارها و تحلیل آنها از پیش موجوداند.

فناوری دیجیتال امروزی و نرم‌افزارهای کامپیوتری پیچیده نیاز به پتروفیزیک‌دان‌های متخصص را برای تحلیل نمودارها به کمک کامپیوتر گسترش داده است. با این که نرم‌افزارهای ارزیابی نمودارها تقریباً در هر شرکت و هر آزمایشگاهی در دانشگاه‌ها وجود دارند، هنوز محققان علوم زمین باید با انواع نمودارهایی که در مطالعه مخازن کربناته مفیداند آشنا باشند.

به روش‌های لرزه‌ای اکتشاف و توسعه نیز به طور خلاصه اشاره می‌شود، زیرا بحث کافی درباره

روش‌های لرزه‌ای در اکتشاف و تحلیل مخازن فراتر از اهداف این کتاب است. منابعی بیش‌تر در آخر هر فصل معرفی شده‌اند تا اطلاعات بیش‌تر را در اختیار خواننده قرار دهند. با دنبال کردن بحث ویژگی‌های سنگ در سلسله مراتب ارزیابی شده، خواص مخزنی متفاوت، اصول رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی مرور می‌شوند تا ویژگی پلات‌فرم‌های کربناته، ارتباط چینه‌شناسی و رخساره‌های رسوبی توضیح داده شوند. این مطالب پیش‌زمینه‌ای هستند تا خواننده را به ارزیابی مدل‌های رسوبی و توالی‌های تهنشستی استاندارد ساده‌شده، که نوع پلات‌فرم را مشخص می‌کنند، هدایت کنند. توالی‌های رسوبی استاندارد مدل‌هایی برای مخازن رسوبی یا به عبارتی توده سنگ‌های مخزنی با تخلخل تهنشستی خواهند بود. در ادامه، بحث مدل‌های رسوبی و انواع مخازن رسوبی، محیط‌ها و فرآیندهای دیازنتیکی معرفی می‌شوند تا نشان داده شود که چگونه تخلخل مخزنی، به کمک فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی مشخصه هر محیط دیازنتیکی افزایش یا کاهش یافته یا به وجود آمده‌اند. پس از آشنایی کامل خواننده با ویژگی‌های سنگ و مخزن و نیز فرآیندهای رسوبی و دیازنتیکی و ویژگی‌های آنها، در نهایت مخازن شکاف‌دار بررسی می‌شوند. فهرستی برای تشخیص و تحلیل مخازن رسوبی، دیازنتیکی و شکاف‌دار در پایان هر فصل آمده است. خلاصه‌ای از مباحث این کتاب و مثال‌هایی از میادین رسوبی، دیازنتیکی و شکاف‌دار در فصل آخر آمده‌اند.