



پتروگرافی آلی کاربردی

اصول و تکنیک‌ها

□ تالیف: مریم میرشاهانی

بهزاد خانی

احمد خواجه‌زاده



www.ketab.ir



سرشناسه	: میرشاهانی، مریم، ۱۳۵۵-
عنوان و نام پدیدآور	: پتروگرافی آلی کاربردی؛ اصول و تکنیک‌ها/ تألیف مریم میرشاهانی، بهزاد خانی، احمد خواجه‌زاده.
مشخصات نشر	: تهران: پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۳۳۰ ص.: مصور(بخشی رنگی)، جدول(بخشی رنگی)، نمودار(بخشی رنگی).
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۸۳۱-۰۴-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: سنگ‌های رسوبی
موضوع	: Sedimentary rocks
موضوع	: نفت — زمین‌شناسی
موضوع	: Petroleum -- Geology
موضوع	: سنگ‌شناسی
موضوع	: Petrology
موضوع	: سنگ‌شناسی ساختاری
موضوع	: Petrofabric analysis
موضوع	: رسوبات (زمین‌شناسی) — ایران
موضوع	: Sediments (Geology) -- Iran
شناسه افزوده	: خانی، بهزاد، ۱۳۵۳-
شناسه افزوده	: خواجه‌زاده، احمد، ۱۳۶۰-
شناسه افزوده	: پژوهشگاه صنعت نفت.
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۶ پ ۲ م ۹ / ۱۳۵۲ QD
رده‌بندی دیویی	: ۵۵۲/۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۰۲۸۳۷

چاپ این کتاب، پس از داوری، در هفتمین جلسه شورای نشر پژوهشگاه صنعت نفت، مورخ ۱۳۹۵/۹/۱۵، به تصویب رسید.



تهران: بلوار غربی مجموعه ورزشی آزادی، پژوهشگاه صنعت نفت □ کد پستی: ۱۰۸۷ ۳۱۱۱
 صندوق پستی: ۱۳۷-۴۶۶۵ □ تلفن مرکز نشر: ۴۸۲۵۲۰۴۸، دورنگار: ۲۷۳۹۵۴۰
 وب سایت پژوهشگاه: E-mail: nashr@ripi.ir , www.ripi.ir

پتروگرافی آلی کاربردی؛ اصول و تکنیک‌ها
 تألیف: مریم میرشاهانی، بهزاد خانی و احمد خواجه‌زاده

ناشر: پژوهشگاه صنعت نفت □ ویراستار ادبی: منیر قنبریان □ صفحه‌آرا: اشرف‌السادات حسینی
 طراح جلد: پرویز بیانی □ چاپ اول: تابستان ۱۳۹۶ □ شمارگان: ۱۰۰ نسخه
 قیمت: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال □ لیتوگرافی، چاپ و صحافی: نشر صبا
 شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۸۳۱-۰۴-۳
 ISBN: 978-600-8531-04-3

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱	پیش‌گفتار ناشر
۱۳	پیش‌گفتار مولفان
۱۵	فصل اول: کلیات
۱۷	۱-۱- مقدمه
۱۸	۱-۲- تاریخچه علم پتروگرافی آلی
۲۰	۱-۳- مفاهیم اساسی در مطالعات پتروگرافی آلی
۲۰	۱-۳-۱- کروژن
۲۰	۱-۳-۲- ماسرال
۲۱	۱-۴- محیط ته‌نشست سنگ‌های منشا نفت
۲۲	۱-۴-۱- محیط‌های عمیق دریایی
۲۳	۱-۴-۲- محیط‌های کم‌عمق دریایی
۲۳	۱-۴-۳- محیط‌های دریاچه‌ای
۲۴	۱-۴-۴- محیط‌های دلتایی-رودخانه‌ای
۲۵	۱-۵- تغییرات ماده آلی در ستون آب
۲۷	۱-۶- تغییرات ماده آلی طی دیاژنز اولیه
۲۹	۱-۷- بلوغ مواد آلی
۲۹	۱-۸- کاربردهای علم پتروگرافی آلی
۳۰	۱-۸-۱- آنالیز حوضه
۳۱	۱-۸-۲- منابع هیدروکربنی
۳۱	۱-۸-۲-۱- سنگ‌های منشا
۳۲	۱-۸-۲-۲- سنگ‌های مخزن
۳۲	۱-۸-۲-۳- متان لایه‌های زغالی
۳۲	۱-۸-۲-۴- شیل گازی
۳۳	فصل دوم: مواد و روش‌ها
۳۵	۲-۱- مقدمه
۳۵	۲-۲- آماده‌سازی مقاطع صیقلی
۳۶	۲-۲-۱- مجموعه دستگاهی
۳۷	۲-۲-۲- مواد لازم
۳۸	۲-۲-۳- سایش و پرداخت مقاطع
۳۸	۲-۲-۴- مراحل تهیه

۳۹	۳-۲- استخراج کروژن
۳۹	۴-۲- میکروسکوپ انعکاسی و ملزومات آن
۴۴	۵-۲- اندازه گیری دستی (غیر خودکار) انعکاس و تعیین درصد ماسرالی
۴۴	۱-۵-۲- مراحل اندازه گیری انعکاس تصادفی
۴۵	۲-۵-۲- گزارش داده ها
۴۷	۳-۵-۲- تعیین درصد ماسرالی به صورت دستی
۴۹	۶-۲- اندازه گیری اتوماتیک انعکاس و تعیین درصد ماسرالی
۵۰	۱-۶-۲- پایش سطح نمونه
۵۲	۲-۶-۲- پایش تصاویر نمونه
۵۴	۱-۲-۶-۲- آنالیز و پردازش تصاویر
۵۵	۲-۲-۶-۲- مجموعه دستگاهی
۵۶	۳-۲-۶-۲- آماده سازی نمونه
۵۶	۳-۶-۲- تعیین درصد ماسرالی با روش های خودکار
۵۷	۱-۳-۶-۲- تصاویر سیاه و سفید
۵۹	۲-۳-۶-۲- تصاویر رنگ
۶۳	فصل سوم: مطالعه مواد آلی در نور انعکاسی
۶۵	۱-۳- مقدمه
۶۶	۲-۳- طبقه بندی ماسرال ها
۶۷	۳-۳- گروه ویتترینیت
۶۸	۱-۳-۳- خصوصیات فیزیکی
۶۸	۱-۱-۳-۳- رنگ و انعکاس
۶۹	۲-۱-۳-۳- فلورسانس زایی
۶۹	۳-۱-۳-۳- سختی پرداخت
۶۹	۲-۳-۳- خصوصیات شیمیایی
۷۰	۳-۳-۳- فراوانی در حوضه های رسوبی
۷۰	۴-۳-۳- شاخصه های تمایز ویتترینیت ها
۷۱	۵-۳-۳- منشا ماسرال های ویتترینیتی
۷۲	۶-۳-۳- زیر گروه تلوویتترینیت
۷۳	۱-۶-۳-۳- تلینیت
۷۴	۲-۶-۳-۳- کولو تلینیت
۷۶	۷-۳-۳- زیر گروه دتروویتترینیت
۷۸	۱-۷-۳-۳- ویترو دترینیت
۷۹	۲-۷-۳-۳- کولو دترینیت
۸۰	۸-۳-۳- زیر گروه ژلوویتترینیت
۸۱	۱-۸-۳-۳- کورپوزلینیت
۸۱	۴-۳- گروه هومینیت
۸۳	۱-۴-۳- زیر گروه تلوهومینیت
۸۴	۱-۱-۴-۳- تکستینیت
۸۵	۲-۱-۴-۳- المینیت
۸۶	۳-۱-۴-۳- آترینیت

۸۷	۳-۴-۲- زیر گروه ژلوهومینیت
۸۷	۳-۴-۲-۱- کورپوهومینیت
۸۹	۳-۵- گروه ماسرالی لیپتینیتی
۹۱	۳-۵-۱- اسپورینیت
۹۲	۳-۵-۲- کوتینیت
۹۴	۳-۵-۳- رزینیت
۹۴	۳-۵-۴- سابیرینیت
۹۶	۳-۵-۵- لیپتودترینیت
۹۷	۳-۵-۶- اکسوداتینیت
۹۸	۳-۵-۷- فلورینیت
۹۹	۳-۵-۸- آلجینیت
۱۰۲	۳-۶- گروه ماسرالی اینرتینیت
۱۰۴	۳-۶-۱- فوزینیت
۱۰۵	۳-۶-۲- سمی فوزینیت
۱۰۸	۳-۶-۳- فونجینیت
۱۰۹	۳-۶-۴- سکرینیت
۱۱۰	۳-۶-۵- ماکرینیت
۱۱۱	۳-۶-۶- اینرتودترینیت
۱۱۲	۳-۶-۷- میکرینیت
۱۱۵	فصل چهارم: مطالعه مواد آلی در نور عبوری
۱۱۷	۴-۱- مقدمه
۱۱۸	۴-۲- گروه مواد آلی آمورف
۱۲۱	۴-۲-۱- توده‌های آلی
۱۲۱	۴-۲-۲- پلت‌های مدفوعی
۱۲۱	۴-۲-۳- سیانوباکتری‌ها و تیوباکتری‌ها
۱۲۲	۴-۲-۴- صمغ و رزین
۱۲۲	۴-۲-۵- مواد آلی آمورف قاره‌ای
۱۲۲	۴-۲-۶- معادل‌های مواد آلی آمورف در نور انعکاسی
۱۲۲	۴-۲-۶-۱- بیتومینیت
۱۲۳	۴-۲-۶-۲- آمورفینیت
۱۲۳	۴-۲-۶-۳- ساپروپلینیت
۱۲۴	۴-۳- گروه فیتوکلاست‌ها
۱۲۶	۴-۳-۱- بافت‌های چوبی گیاهان خشکی
۱۲۹	۴-۳-۲- بافت‌های غیرچوبی و کورتکس گیاهان خشکی
۱۲۹	۴-۳-۳- بافت‌های کوتیکولی
۱۳۱	۴-۳-۴- فیتوکلاست‌های کدر و نیمه کدر
۱۳۲	۴-۳-۵- فیتوکلاست غشایی
۱۳۳	۴-۳-۶- قطعات زغالی
۱۳۴	۴-۳-۷- بافت‌های گیاهی اسکلیرید(اکسیدشده)
۱۳۵	۴-۴- بافت‌های گیاهان دریایی

۱۳۶	۵-۴- گروه پالینومورف‌ها
۱۳۶	۴-۵-۱- زیرگروه اسپورومورف‌ها
۱۳۹	۴-۵-۲- زیرگروه فیتوپلانکتون‌ها
۱۳۹	۴-۵-۱-۲- سیستم‌های دیانوفلاژله‌های دریایی
۱۴۱	۴-۵-۲-۲- جلبک‌های پاراسینوفیت
۱۴۲	۴-۵-۲-۳- آکریتارک‌ها
۱۴۴	۴-۵-۲-۴- جلبک‌های کلوروکوکاله
۱۴۶	۴-۵-۳- زیرگروه زومورف‌ها
۱۴۶	۴-۵-۱-۳- قطعات پوسته‌ای فرامینیفر
۱۴۸	۴-۵-۲-۳- کیتینوزا
۱۴۸	۴-۵-۳-۳- اسکولودنت‌ها
۱۴۹	۴-۵-۳-۴- گراپتولیت‌ها
۱۵۱	فصل پنجم: مطالعه مواد آلی در نور فلورسانس
۱۵۳	۵-۱- مقدمه
۱۵۶	۵-۲- شناسایی ماسرال‌ها، نور فلورسانس
۱۵۷	۵-۳- دگرسانی
۱۵۹	۵-۴- کاربرد مطالعات فلورسانس
۱۵۹	۵-۴-۱- تعیین بلوغ حرارتی
۱۶۲	۵-۴-۲- تعیین زایش هیدروکربن
۱۶۲	۵-۴-۳- شناسایی فرایندهای زمین‌شناسی و سیداسیون مواد آلی
۱۶۳	فصل ششم: روش‌های تعیین نوع کروژن
۱۶۵	۶-۱- مقدمه
۱۶۹	۶-۲- معیارهای تعیین نوع کروژن
۱۷۰	۶-۳- تعیین نوع کروژن در مطالعات میکروسکوپی
۱۷۰	۶-۳-۱- تعیین نوع کروژن در نور عبوری
۱۷۲	۶-۳-۱-۱- شمارش گروه‌های مختلف مواد آلی
۱۷۲	۶-۳-۱-۲- تفسیر داده‌ها
۱۷۷	۶-۴- تعیین نوع کروژن در نور انعکاسی
۱۷۹	فصل هفتم: روش‌های تعیین بلوغ حرارتی
۱۸۱	۷-۱- مقدمه
۱۸۳	۷-۲- بلوغ و زغالی شدن
۱۸۳	۷-۳- فرایندهای زمین‌شناسی تاثیرگذار بر بلوغ
۱۸۳	۷-۳-۱- دما
۱۸۴	۷-۳-۲- زمان
۱۸۶	۷-۴- فرایندهای بلوغ حرارتی
۱۸۷	۷-۴-۱- تغییرات شیمیایی
۱۸۹	۷-۴-۲- تغییرات پتروگرافی
۱۹۲	۷-۵- روش‌های میکروسکوپی تعیین بلوغ حرارتی
۱۹۳	۷-۶- انعکاس
۱۹۳	۷-۶-۱- آنیزوتروپی و دوانعکاسی

۱۹۵	۷-۷-۷- روش‌های مستقیم
۱۹۵	۷-۷-۱- انعکاس ویتترینیت
۱۹۹	۷-۷-۱-۱- هیستوگرام‌ها و شناسایی ویتترینیت‌ها
۲۰۰	۷-۷-۱-۲- کاربردهای تفسیر نتایج آنالیز انعکاس ویتترینیت
۲۱۰	۷-۷-۱-۳- مشخصه‌های تاثیرگذار بر نتایج انعکاس ویتترینیت
۲۱۵	۷-۷-۱-۴- مقایسه نتایج آنالیز انعکاس ویتترینیت روی کل سنگ و کروژن
۲۱۶	۷-۷-۱-۵- معیارهای شناسایی ویتترینیت‌های چرخه اول
۲۱۸	۷-۷-۲- انعکاس قطعات جانوری
۲۱۸	۷-۷-۲-۱- گراپتولیت‌ها
۲۲۱	۷-۷-۲-۲- کیتینوزواها
۲۲۳	۷-۷-۲-۳- اسکولودنت‌ها
۲۲۴	۷-۷-۳- تطابق نتایج انعکاس ویتترینیت، کیتینوزوا، گراپتولیت و اسکولودنت
۲۲۴	۷-۷-۴- انعکاس بیتومن جامد
۲۲۹	۷-۸- روش‌های غیرمستقیم
۲۲۹	۷-۸-۱- شاخص دگرسانی، حرارتی
۲۳۰	۷-۸-۲- شاخص رنگی کنودوت‌ها
۲۳۳	فصل هشتم: ماسرال‌های حوضه‌های رسوبی ایران
۲۳۵	۸-۱- مقدمه
۲۳۵	۸-۲- پهنه‌های مهم رسوبی- ساختاری ایران
۲۳۵	۸-۳- ایران جنوبی
۲۳۷	۸-۳-۱- سازند سیاهو
۲۳۸	۸-۳-۲- سازند سرچاهان
۲۴۰	۸-۳-۳- حوضه لرستان
۲۴۰	۸-۳-۳-۱- سازند دشتک
۲۴۰	۸-۳-۳-۲- سازند نیریز
۲۴۴	۸-۳-۳-۳- سازند عداییه
۲۴۴	۸-۳-۳-۴- سازند علن
۲۴۴	۸-۳-۳-۵- سازند سرگلو
۲۴۸	۸-۳-۳-۶- سازند گوتنیا
۲۴۹	۸-۳-۳-۷- سازند گرو
۲۴۹	۸-۳-۳-۸- سازند سروک
۲۵۳	۸-۳-۳-۹- سازند سورگاه
۲۵۴	۸-۳-۳-۱۰- سازند ایلام
۲۵۵	۸-۳-۳-۱۱- سازند گورپی
۲۵۶	۸-۳-۳-۱۲- سازند پابده
۲۵۷	۸-۳-۴- حوضه خلیج فارس
۲۵۹	۸-۳-۴-۱- سازند دالان
۲۶۰	۸-۳-۴-۲- سازند سورمه
۲۶۱	۸-۳-۴-۳- سازند داریان
۲۶۲	۸-۳-۴-۴- سازند کژدمی

۲۶۲	۸-۳-۴-۵- سازند گوری
۲۶۴	۸-۴- حوضه البرز
۲۶۵	۸-۴-۱- گروه شمشک
۲۶۸	۸-۵- حوضه کپه‌داغ
۲۶۹	۸-۵-۱- سازند مبارک
۲۷۰	۸-۵-۲- سازند کشف‌رود
۲۷۲	۸-۵-۳- سازند چمن‌بید
۲۷۳	۸-۵-۴- سازند سرچشمه
۲۷۴	۸-۵-۵- سازند سنگانه
۲۷۵	۸-۵-۶- سازند آیتامیر
۲۷۶	۸-۶- حوضه مغان
۲۷۸	۸-۶-۱- سازند سلم آقاجی
۲۷۹	۸-۶-۲- سازند اجاق قشلاق
۲۷۹	۸-۶-۳- سازند زیوه
۲۸۳	منابع
۳۱۵	نمایه

پیش‌گفتار مولفان

پتروگرافی آلی شاخه‌ای از علوم زمین، با کاربردهای وسیع در صنایع نفت، گاز و زغال‌سنگ است، که به مطالعه میکروسکوپی اجزای مواد آلی در لایه‌های رسوبی می‌پردازد. روش‌های مطالعاتی در این علم شامل استفاده از میکروسکوپ‌های نور انعکاسی، فلورسانس و نور عبوری‌اند و نتایج به‌دست‌آمده در تعیین عوامل و مشخصه‌هایی چون بلوغ حرارتی لایه‌های رسوبی، رژیم‌های حرارتی گذشته و حال حاضر موثر بر پوسته زمین، رخساره‌های آلی و پالئوژئوگرافی حوضه‌های رسوبی، پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ‌های منشأ، منشأ مواد آلی اولیه، شرایط محیط ته‌نشست، زمان و مقدار زایش هیدروکربن، فرایندهای ثانویه موثر در تغییرات مواد آلی و ... نقشی موثر و اساسی ایفا می‌کنند. این کتاب، علاوه بر ارائه توضیحات اصول علمی و نظری حاکم بر پتروگرافی آلی، به معرفی و توضیح روش‌های مطالعاتی مختلف پتروگرافی آلی در صنعت نفت و همچنین نحوه تفسیر و به‌کاربردن نتایج در بخش‌های مختلف علوم زمین می‌پردازد.

مطالب این کتاب در هشت فصل ارائه شده‌اند. فصل اول حاوی تاریخچه و مقدمه‌ای بر مطالعات پتروگرافی است و در ادامه مهم‌ترین و پرکاربردترین مفاهیم در این علم معرفی شده‌اند. در این فصل کلیاتی از نحوه تشکیل رسوبات غنی از ماده آلی، تغییرات ماده آلی از زمان ته‌نشست تا زایش هیدروکربن و همچنین مهم‌ترین مشخصه‌های پتروگرافی آلی شاخص هر کدام از محیط‌های رسوبی به تفصیل توضیح داده شده‌اند. بخش پایانی این فصل به مهم‌ترین کاربردهای علم پتروگرافی آلی در بخش‌های مختلف صنایع نفت و گاز و دیگر بخش‌های علوم زمین می‌پردازد.

در فصل دوم، روش‌های مطالعاتی در علم پتروگرافی آلی با جزئیات کامل در دو بخش آماده‌سازی نمونه‌ها و بخش‌های دستگاهی، همراه با نحوه اندازه‌گیری مشخصه‌های هدف، بررسی شده‌اند. در بخش آماده‌سازی نمونه‌ها، مواد لازم و نحوه ساخت مقطع صیقلی برای مطالعه با میکروسکوپ‌های نور انعکاسی و فلورسانس، بر اساس استانداردهای ASTM و ICCP، به تفصیل توضیح داده شده‌اند. بخش آماده‌سازی نمونه‌ها شامل معرفی مواد و بخش‌های دستگاهی، سنگ‌های لازم برای ساخت، سایش و پرداخت مقاطع صیقلی و نیز معرفی کامل مراحل استخراج کروژن است. در بخش دوم این فصل، مجموعه‌های دستگاهی شامل میکروسکوپ، بخش‌های اندازه‌گیری و نحوه کار با میکروسکوپ، کالیبره کردن بخش‌های مختلف دستگاهی، نحوه اندازه‌گیری مشخصه انعکاس و نحوه شمارش و درصدبندی ماسرال‌ها برای تعیین نوع کروژن و روش‌های مطالعاتی آرماتیک، در پتروگرافی آلی، اعم از تعیین مقدار انعکاس و درصد قطعات آلی، همراه با بخش‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری با جزئیات توضیح داده شده‌اند.

اهداف شناسایی و طبقه‌بندی مواد آلی در مطالعات پتروگرافی آلی شامل تعیین نوع کروژن، محیط ته‌نشست و رخساره‌های آلی با مشاهده و ارزیابی قطعات آلی در سه حالت نوری انعکاسی، فلورسانس و نور عبوری در فصل‌های سوم تا پنجم بررسی و نحوه شناسایی، طبقه‌بندی و تفکیک قطعات آلی، براساس خصوصیات متمایزکننده هر کدام از گروه‌های این قطعات، ارائه شده‌اند. در فصل ششم، نحوه تعیین نوع کروژن و رخساره آلی غالب برای هر کدام از مجموعه‌های مختلف مواد آلی در دو حالت نور انعکاسی و عبوری و نحوه محاسبه و تفسیر درصد فراوانی قطعات آلی و نیز انواع نمودارهای استاندارد شاخص برای تخصیص نوع کروژن و رخساره آلی ارائه شده است.

نتایج آنالیزهای پتروگرافی آلی از مهم‌ترین و قابل‌اعتمادترین داده‌های ژئوشیمیایی برای ارزیابی تکامل حرارتی لایه‌های رسوبی‌اند. این موضوع در بخش ابتدایی فصل هفتم، با توضیح اصول فیزیکوشیمیایی حاکم در حین تکامل حرارتی مواد آلی (از دیانژن تا پیشرفته‌ترین مراحل متانژن)، ارائه شده است. در ادامه این فصل، روش‌های مختلف میکروسکوپی برای تعیین بلوغ حرارتی در دو بخش روش‌های مستقیم (شامل اندازه‌گیری انعکاس و پترینیت و انعکاس قطعات جانوری) و روش‌های غیرمستقیم (شامل تعیین مقادیر شاخص‌های حرارتی و دگرسانی) توضیح داده شده‌اند و درباره نحوه اندازه‌گیری مشخصه‌های هدف، تعبیر و تفسیر نتایج و تاثیر عوامل بیرونی و ثانویه بر داده‌ها بحث شده است.

در فصل هشتم، خصوصیات پتروگرافی آلی مواد آلی حوضه‌های مهم هیدروکربنی ایران شامل حوضه‌های ایران جنوبی، البرز،

کپه داغ و مغان و خصوصیات متمایزکننده مواد آلی لایه‌های سنگ منشایی هر یک از حوضه‌ها در مطالعات نور انعکاسی، همراه با تصاویر میکروسکوپی، به تفکیک سازند ارایه شده‌اند.

در پایان از زحمات و راهنمایی‌های ارزشمند آقای دکتر محمدرضا کمالی، رئیس پردیس بالادستی پژوهشگاه صنعت نفت، که در تمام مراحل نوشتن کتاب مشوق و حامی نویسندگان بودند و تجربیات ارزشمند خود را در اختیارشان قرار دادند، و نیز زحمات آقای دکتر علی چهرازی، رئیس پژوهشکده علوم زمین پژوهشگاه صنعت نفت، و آقای مهندس محمد معین‌پور، رئیس اسبق گروه پژوهش ژئوشیمی پژوهشگاه، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌کنیم.

مریم میرشاهانی

بهزاد خانی

احمد خواجه‌زاده

www.ketab.ir