

لا اله الا الله



دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده علوم زمین

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی نفت

عنوان :

**ارزیابی ژئوشیمیایی هیدروکربن‌های چشمه‌های نفتی و مخازن موجود در
جنوب ناحیه ایزه**

نگارش :

عبدالفیاض عزیزی

به راهنمایی :

دکتر بهرام علیزاده

اساتید مشاور :

مهندس سید حسین حسینی

مهندس فرید تژه

تیر ۱۳۹۰

تقدیم به خانواده دلسوز و مهربانم

و همه آنهایی که در گوشه‌ای

از مسیر زندگی‌ام

دست مرا گرفته‌اند

فهرست مطالب

فصل اول (کلیات و مروری بر تحقیقات گذشته)

.....۲	۱-۱- مقدمه
.....۳	۲-۱- ژئوشیمی نفت
.....۳	۳-۱- کاربرد ژئوشیمی نفت در اکتشاف و استخراج
.....۴	۱-۳-۱- تطابق نفت - نفت
.....۶	۴-۱- کاربرد ژئوشیمی در مدیریت مخازن زیرزمینی نفت
.....۶	۵-۱- پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه
.....۶	۱-۵-۱- نشانه‌های زیستی (Biomarkers)
.....۷	۱-۵-۱-۱- کاربرد بیومارکرها در مطالعات اکتشافی و ژئوشیمیایی نفت
.....۸	۱-۵-۱-۲- بحث مختصری در مورد تأثیر آب شور و شیرین بر بیومارکرها
.....۸	۱-۵-۱-۳- پرستان (Pristane) و فیتان (Phytane)
.....۹	۱-۵-۱-۴- ترپان‌های سه حلقه‌ای C ₁₉ تا C ₄₅ (Tricyclic Terpanes)
.....۱۰	۱-۵-۱-۵- ترپان‌های چهار حلقه‌ای C ₂₄ تا C ₂₇ (Tetracyclic Terpanes)
.....۱۰	۱-۵-۱-۶- تریترپنوئیدهای پنج حلقه‌ای (Pentacyclic Triterpenoids)
.....۱۱	۱-۵-۱-۷- هوپانوئیدهای Ts, Tm
.....۱۲	۱-۵-۱-۸- بیس‌نورهوپان (BNH) و تریس‌نورهوپان (TNH)
.....۱۳	۱-۵-۱-۹- گاماسران‌ها (Gammaceranes)
.....۱۴	۱-۵-۱-۱۰- الینان‌ها (Oleananes)
.....۱۴	۱-۵-۱-۱۱- استروئیدها به عنوان منشا استران‌ها (Steranes)
.....۱۵	۱-۵-۱-۱۲- استران‌های C ₂₇ , C ₂₈ , C ₂₉

.....۱۶.....	۱۳-۱-۵-۱- نسبت دیاستران‌ها به استران‌ها (Diasteranes / Steranes)
.....۱۷.....	۱۴-۱-۵-۱- نسبت استران‌های منظم به هوپان‌ها (Regular Steranes / Hopanes)
.....۱۷.....	۱۵-۱-۵-۱- دیاستران‌های C_{27} ، C_{28} و C_{29}
.....۱۸.....	۱۶-۱-۵-۱- بیومارکرهای آروماتیکی (Aromatic Biomarkers)
.....۱۸.....	۱۷-۱-۵-۱- استروئیدهای مونوآروماتیکی C_{27} ، C_{28} ، C_{29}
.....۱۸.....	۱۸-۱-۵-۱- استروئیدهای تری آروماتیکی C_{26} ، C_{27} ، C_{28}
.....۱۹.....	۲-۵-۱- ایزوتوپ‌های پایدار (Stable Isotopes)
.....۱۹.....	۱-۲-۵-۱- ایزوتوپ‌های پایدار کربن
.....۲۰.....	۲-۲-۵-۱- عوامل کنترل کننده تفریق ایزوتوپی کربن
.....۲۱.....	۳-۲-۵-۱- روند کلی تغییرات نسبت ایزوتوپی کربن در برش‌های مختلف نفت خام و سنگ منشا
.....۲۱.....	۴-۲-۵-۱- روند کلی تغییرات $\delta^{13}C$ در طی زمان زمین‌شناسی در نفت‌های خام
.....۲۲.....	۵-۲-۵-۱- چگونگی استفاده از $\delta^{13}C$ جهت تفکیک خانواده‌های نفتی
.....۲۲.....	۱-۵-۲-۵-۱- نمودار سافر
.....۲۴.....	۲-۵-۲-۵-۱- نمودار گالیمو
.....۲۵.....	۶-۱- اهداف این مطالعه
.....۲۵.....	۷-۱- مروری بر تحقیقات مشابه انجام شده در ایران و جهان
.....۲۵.....	۱-۷-۱- مطالعات مشابه در ایران
.....۲۶.....	۲-۷-۱- مطالعات مشابه در جهان

فصل دوم (زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه)

.....۳۰.....	۱-۲- مقدمه
.....۳۱.....	۲-۲- تقسیمات زاگرس
.....۳۲.....	۱-۲-۲- منطقه چین خورده زاگرس
.....۳۳.....	۲-۲-۲- فروافتادگی دزفول

.....۳۴	۳-۲- سازندهای مخازن آسماری، بنگستان و خامی در منطقه مورد مطالعه
.....۳۴	۱-۳-۲- سازند آسماری
.....۳۶	۲-۳-۲- سازند سروک
.....۳۶	۱-۲-۳-۲- رخساره کم عمق یا نریتیک سازند سروک
.....۳۶	۲-۲-۳-۲- رخساره نسبتاً عمیق تر یا پلاژیک سازند سروک
.....۳۷	۳-۳-۲- سازند گدوان
.....۳۷	۴-۲- سازندهای احتمالی سنگ منشا میداین نفتی در منطقه مورد مطالعه
.....۳۷	۱-۴-۲- سنگ منشا ترشیری در زاگرس (سازند پابده)
.....۳۸	۲-۴-۲- سنگ‌های منشاء مزوزوئیک در زاگرس (سازند کژدمی)
.....۳۸	۳-۴-۲- سازند گورپی
.....۳۹	۴-۴-۲- سنگ‌های منشا پالئوزوئیک زاگرس
.....۳۹	۵-۲- سازند گچساران به عنوان سنگ پوش اصلی میداین نفتی زاگرس
.....۴۰	۶-۲- محیط رسوبی حوضه زاگرس
.....۴۱	۷-۲- موقعیت جغرافیایی و کلیاتی در مورد میدان‌های نفتی مورد مطالعه
.....۴۳	۸-۲- مختصری در مورد چشمه‌های نفتی و موقعیت آنها
.....۴۴	۱-۸-۲- چشمه نفتی روستای دهنوجاوید (SP-1)
.....۴۴	۲-۸-۲- چشمه نفتی روستای اسپر (SP-2)
.....۴۴	۳-۸-۲- چشمه نفتی روستای نازمکان (SP-3)
.....۴۵	۴-۸-۲- چشمه نفتی روستای سیدآباد (SP-4)
.....۴۵	۵-۸-۲- چشمه نفتی تونل سد کوثر (SP-5)
.....۴۶	۶-۸-۲- چشمه نفتی و آسفالتیت کوه خویز (SP-6, SP-7)
.....۴۷	۷-۸-۲- چشمه نفتی روستای آهنگران (SP-8)
.....۴۷	۸-۸-۲- چشمه نفتی روستای ماماتین (SP-9)
.....۴۷	۹-۸-۲- چشمه نفتی روستای تشکی (SP-10)

فصل سوم (روش تحقیق)

..... ۵۱	۱-۳- مقدمه
..... ۵۲	۲-۳- نمونه برداری و آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌ها
..... ۵۲	۳-۳- پیرولیز راک - ایول
..... ۵۵	۴-۳- کروماتوگرافی ستونی
..... ۵۶	۵-۳- کروماتوگرافی گازی
..... ۵۹	۶-۳- طیف‌سنجی جرمی - کروماتوگرافی گازی
..... ۶۲	۷-۳- طیف‌سنجی جرمی نسبت ایزوتوپی
..... ۶۲	۱-۷-۳- اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های کربن پایدار ($\delta^{13}C$)

فصل چهارم (بحث، نتایج و پیشنهادات)

..... ۶۵	۱-۴- مقدمه
..... ۶۶	۲-۴- نتایج آنالیز خرده‌های حفاری توسط دستگاه راکایول ۶
..... ۷۲	۳-۴- نتایج آنالیز کروماتوگرافی ستونی جهت تعیین ترکیب شیمیایی نمونه‌های هیدروکربنی
..... ۷۴	۴-۴- نتایج حاصل از آنالیزهای تکمیلی
..... ۷۶	۱-۴-۴- تعیین شرایط محیط رسوبی و رخساره‌های آلی
..... ۸۱	۲-۴-۴- تعیین میزان بلوغ حرارتی و دگرسانی زیستی
..... ۸۴	۳-۴-۴- تعیین سن با استفاده از بیومارکر
..... ۸۴	۴-۴-۴- تطابق و تعیین ارتباط ژنتیکی نمونه‌ها
..... ۸۸	۵-۴- نتیجه‌گیری
..... ۹۰	۶-۴- پیشنهادات
..... ۱۰۱	منابع

فهرست شکل‌ها

فصل دوم (زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه)

- شکل ۱-۲) زیر پهنه‌های عمده زاگرس چین خورده (آقانباتی، ۱۳۸۵)..... ۳۳
- شکل ۲-۲) تطابق چینه‌شناسی مزوزوئیک - سنوزوئیک سازندهای زاگرس از لحاظ تغییرات رخساره‌ای و سنگ‌شناسی (Sepehr and Cosgrove, 2004) ۳۵
- شکل ۳-۲) موقعیت منطقه و میادین مورد مطالعه نسبت به دیگر میادین نفتی در فروافتادگی دزفول..... ۴۳
- شکل ۴-۲) چشمه نفتی تونل سد کوثر ۴۶
- شکل ۵-۲) تصاویری از چشمه‌های نفتی کوه خویز ۴۸
- شکل ۶-۲) چشمه نفتی تشکی ۴۹

فصل سوم (روش تحقیق)

- شکل ۱-۳) تصویر شماتیکی از دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنج جرمی (GC-MS) ۶۰
- شکل ۲-۳) نمای کلی یک دستگاه GC MS جهت انجام آنالیزهای بیومارکری ۶۲
- شکل ۳-۳) نمای شماتیک محاسبه نسبت ایزوتوپ‌های کربن پایدار توسط دستگاه EA-IRMS ۶۳

فصل چهارم (بحث، نتایج و پیشنهادات)

- شکل ۱-۴) نمودار S1 در مقابل %TOC جهت تعیین آلودگی نفتی نمونه‌ها..... ۶۸
- شکل ۲-۴) نمودار S1+S2 در برابر %TOC جهت تعیین پتانسیل هیدروکربن‌زایی (Hao et al., 2007)..... ۶۹
- شکل ۳-۴) نمودار HI در برابر T_{max} جهت تعیین نوع کروژن (با تغییرات از Hunt, 1996)..... ۷۰
- شکل ۴-۴) نمودار S2 در برابر TOC جهت تعیین نوع کروژن..... ۷۰
- شکل ۵-۴) نمودار PI در برابر Tmax جهت تعیین میزان بلوغ نمونه‌ها..... ۷۱
- شکل ۶-۴) نمودار S1/TOC در برابر عمق (Smith, 1994)..... ۷۲
- شکل ۷-۴) نمودار سه تایی جهت تعیین ترکیب شیمیایی نفت‌های خام مورد مطالعه (برگرفته از Tissot and Welte, 1984)..... ۷۴

- شکل ۴-۸) نمودار C_{29}/C_{30} Hopane در برابر $C_{35} S/C_{34} S$ Hopane جهت تعیین لیتولوژی سنگ منشا (Subroto et al., 1991) ۷۷
- شکل ۴-۹) نمودار ترپان‌های سه‌حلقه‌ای C_{22}/C_{21} در برابر C_{24}/C_{23} جهت تعیین لیتولوژی سنگ منشا (Zumberge and Ramos, 1996) ۷۷
- شکل ۴-۱۰) نمودار $Pr/(Pr+Ph)$ در برابر $C_{27} Dia/(Dia+Reg)$ Sterane جهت بررسی لیتولوژی و محیط رسوبی دیرینه سنگ منشا (Peters et al., 2005) ۷۸
- شکل ۴-۱۱) نمودار $Ts/(Ts+Tm)$ در برابر $C_{27} Dia/(Dia+Reg)$ Sterane جهت بررسی محیط رسوبی دیرینه و بلوغ نمونه‌ها (Peters et al., 2005) ۷۸
- شکل ۴-۱۲) نمودار Pr/Ph در برابر $C_{29}/C_{27} 20R$ Steranes جهت بررسی منشأ مواد آلی و محیط رسوبی دیرینه سنگ منشا (Mackenzie, 1981) ۸۰
- شکل ۴-۱۳) نمودار سه‌تایی استران‌های منظم $C_{27}-C_{28}-C_{29}$ جهت تعیین محیط نهشته شدن سنگ منشا نمونه‌های مورد مطالعه (Huang and Meinschein, 1979) ۸۰
- شکل ۴-۱۴) نمودار سافر مربوط به نمونه‌های میادین و چشمه‌ها جهت تعیین منشأ مواد آلی مولد هیدروکربن‌های نمونه‌های مورد نظر (Sofer, 1984) ۸۱
- شکل ۴-۱۵) نمودار $Pr/n-C_{17}$ در برابر $Ph/n-C_{18}$ جهت تعیین نوع کروژن و شرایط محیط رسوبی دیرینه سنگ منشا (Hunt, 1996) ۸۲
- شکل ۴-۱۶) نمودار $C_{32} 22S/(22S+22R)$ در برابر $C_{29} 20S/(20S+20R)$ جهت تعیین میزان بلوغ موقعیت نمونه‌ها نسبت به پنجره نفتی (Qurisson et al., 1984) ۸۲
- شکل ۴-۱۷) نمودار $(TA/TA+MA)$ در برابر $TA_{28}/(TA_{28}+MA_{29})$ جهت بررسی بلوغ نفت میادین گچساران و خويز نسبت به یکدیگر (Radke, 1985) ۸۳
- شکل ۴-۱۸) نمودار گالیمو مربوط به همه نمونه‌ها براساس $\delta^{13}C$ آنها در برش‌های مختلف هیدروکربنی ۸۷
- شکل ۴-۱۹) نمودار گالیمو مربوط به نفت میادین گچساران و خويز جهت مشاهده اختلاف ژنتیکی آنها ۸۷
- شکل ۴-۲۰) نمودار گالیمو مربوط به دو گروه چشمه‌های نفتی که نشان‌دهنده دو منشأ متفاوت برای آنها می‌باشد، گروه هم‌منشا با نفت میدان گچساران (سمت راست) و گروه هم‌منشا با نفت میدان خويز (سمت چپ) ۸۸
- شکل ۴-۲۱) فراگمنتوگرام‌های استران‌های $(m/z=217)$ مربوط به نمونه‌های نفت میادین گچساران و خويز ۹۱
- شکل ۴-۲۲) فراگمنتوگرام‌های استران‌های $(m/z=217)$ مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی ۹۲
- شکل ۴-۲۳) ادامه فراگمنتوگرام‌های استران‌های $(m/z=217)$ مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی ۹۳

- شکل ۴-۲۴) ادامه فراگمنتوگرام‌های استران‌های ($m/z=217$) مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی.....۹۴
- شکل ۴-۲۵) فراگمنتوگرام‌های تریپان‌های ($m/z=191$) مربوط به نمونه‌های نفت میادین گچساران و خویز.....۹۵
- شکل ۴-۲۶) فراگمنتوگرام‌های تریپان‌های ($m/z=191$) مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی.....۹۶
- شکل ۴-۲۷) ادامه فراگمنتوگرام‌های تریپان‌های ($m/z=191$) مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی.....۹۷
- شکل ۴-۲۸) ادامه فراگمنتوگرام‌های تریپان‌های ($m/z=191$) مربوط به نمونه‌های چشمه‌های نفتی.....۹۸

فهرست جدول‌ها

فصل سوم (روش تحقیق)

جدول ۳-۱) پارامترهای اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه Rock-Eval 6 در روش Basic (Behar et al., 2001).
.....۵۳

جدول ۳-۲) پارامترهای محاسبه شده از دستگاه Rock-Eval 6 در روش Basic (Behar et al., 2001). ...۵۴

فصل چهارم (بحث، نتایج و پیشنهادات)

- جدول ۴-۱) مهمترین پارامترهای ژئوشیمیایی بدست آمده از آنالیزهای راک - ایول ۶.....۶۷
- جدول ۴-۲) نتایج حاصل از کروماتوگرافی ستونی نمونه‌های هیدروکربنی.....۷۳
- جدول ۴-۳) مهمترین نسبت‌های بیومارکری استفاده شده در این مطالعه.....۷۵
- جدول ۴-۴) مقادیر $\delta^{13}C$ برش‌های مختلف نفت خام مربوط به نمونه‌ها.....۸۵
- جدول ۴-۵) فرمول مولکولی بیشینه‌های فراگمنتوگرام استران‌ها ($m/z=217$).....۹۹
- جدول ۴-۶) فرمول مولکولی بیشینه‌های فراگمنتوگرام تریپان‌ها ($m/z=191$).....۱۰۰

چکیده پایان نامه

نام و نام خانوادگی نگارنده: عبدالفیاض عزیزی	
عنوان پایان نامه:	
ارزیابی ژئوشیمیایی هیدروکربن‌های چشمه‌های نفتی و مخازن موجود در جنوب ناحیه ایذه	
استاد راهنما: دکتر بهرام علیزاده اساتید مشاور: مهندس سیدحسین حسینی و مهندس فرید تژه	
درجه: کارشناسی ارشد	رشته: زمین‌شناسی
گرایش: نفت	
دانشگاه: شهید چمران اهواز	
دانشکده: علوم زمین	
تاریخ فارغ‌التحصیلی: تیر ۱۳۹۰	
تعداد صفحه: ۱۱۲ صفحه	
چکیده:	
<p>هدف از این مطالعه ارزیابی ژئوشیمیایی هیدروکربن‌های مربوط به مخازن و چشمه‌های نفتی موجود در جنوب ناحیه ایذه می‌باشد. تطابق بین نمونه‌های هیدروکربنی موجود در این مطالعه با استفاده از بیومارکرها و نسبت ایزوتوپ‌های پایدار کربن انجام شده است. همچنین به منظور آگاهی یافتن در مورد سنگ منشا هیدروکربن‌ها، ارزیابی سنگ منشاها، احتمالی میدان نفتی گچساران به عنوان میدان عظیم نفتی در منطقه مطالعاتی، با استفاده از پیرولیز خرده‌های حفاری توسط دستگاه راک‌ایول ۶ انجام شد. نتایج حاصل از پیرولیز راک‌ایول نشان می‌دهد سازند کژدمی در میدان گچساران نقش سنگ منشأ را ایفا نموده است. نمودار مثلثی برش‌های نفت خام نشان داد که نفت‌های میدان خويز و گچساران در محدوده حد واسط آروماتیکی (Aromatic intermediate) قرار می‌گیرند. تغییرات مقادیر نسبت ترپان‌های سه‌حلقه‌ای C_{22}/C_{21} در برابر C_{24}/C_{23}، نمودار تغییرات $Ts/Ts+Tm$ در برابر استران‌های C_{27} Dia/(Dia+Reg)، نمودار مثلثی مقادیر استران‌های منظم C_{27}، C_{28} و C_{29}، نمودار $Pr/(Pr+Ph)$ در مقابل استران‌های C_{27} Dia/(Dia+Reg) و نمودار Pr/Ph در برابر استران‌های C_{29}/C_{27} 20R همگی نشان می‌دهند که نمونه‌های هیدروکربنی مورد مطالعه از سنگ منشایی با لیتولوژی غالباً شیلی در محیطی احیایی تولید شده‌اند. استفاده از نسبت $Oleanane/(Oleanane+Hopane)$ نشان دهنده مقادیر کم شاخص الینان برای نمونه‌ها و حاکی از سنگ منشایی با سن قدیمی‌تر از کرتاسه فوقانی برای آن‌ها می‌باشد. در نهایت پس از بررسی مقادیر بیومارکری و نسبت ایزوتوپ‌های کربن پایدار $\delta^{13}C$ برای برش‌های مختلف نمونه‌ها و استفاده از نمودار گالیمو (Galimov) برای تحلیل داده‌های ایزوتوپ‌های کربن، چشمه‌های نفتی از لحاظ ژنتیکی در دو گروه قرار داده شدند. گروه اول شامل چشمه نفتی روستای دهنو (Sp-1)، چشمه نفتی روستای اسپر (Sp-2)، چشمه نفتی روستای نازمکان (Sp-3)، چشمه نفتی روستای ماماتین (Sp-9) و چشمه نفتی روستای تشکی (Sp-10)، که با نفت‌های مخازن آسماری و گچساران میدان گچساران رابطه ژنتیکی دارند یا به عبارتی همگی آن‌ها سنگ منشأ یکسانی دارند. گروه دوم شامل چشمه نفتی تونل سد کوثر (Sp-5)، چشمه نفتی تاقدیس خويز (Sp-6)، آسفالت کوه خويز (Sp-7) و چشمه نفتی روستای آهنگران (Sp-8)، که با نفت مخزن خامی میدان خويز ارتباط ژنتیکی دارند.</p>	

فصل اول:

کلیات و مروری

بر تحقیقات گذشته

۱-۱- مقدمه

آشنایی انسان با نفت، قدمت زیادی دارد. در این خصوص، ایرانیان بطور حتم جزو اولین گروه از اجتماع بشر بوده‌اند که از نفت در زندگی اجتماعی خود استفاده نموده‌اند. برای این مدعا، دلیل محکمی وجود دارد و آن شهادتی است که هرودوت (پدر تاریخ جهان)، در این خصوص در کتب تاریخی خود عنوان نموده است. اما در آن زمان‌ها استفاده بشر فقط منوط و مربوط به چشمه‌های نفتی بود که از آنها نفت خام بطور طبیعی همچون یک چشمه به سطح زمین می‌رسید و انسان هیچ دخالتی در رسیدن نفت خام بدست بشر نداشت. استفاده‌های متعدد از این ماده سیاه‌رنگ، باعث شد تا انسان اجتماعی به دنبال آن باشد و با رشد جمعیت، دیگر چشمه‌های نفتی نمی‌توانستند نیاز جوامع بشری را برطرف سازند. اینگونه بود که بشر متفکر در فکر چاره‌جویی برآمد و حاصل این تفکر رفتن انسان به سراغ نفت یا مخزن نفت بود که از آن مخزن مقداری نفت به سطح زمین تراوش می‌کرد. این چنین بود که صنعت حفاری البته بصورت خیلی ابتدائی نسبت به امروز به کمک کاوشگران نفت آمد و اولین چاه‌های نفتی جهان حفاری شد. این حفاری‌ها در مناطقی صورت می‌گرفت که در آنجا چشمه یا چشمه‌های نفتی وجود داشتند و البته این کار در آن زمان کاملاً هم منطقی بود. حتی در ایران هم وضعیت حفر اولین چاه‌های نفت، به همین منوال بوده و اولین چاه‌های حفاری شده در مجاورت چشمه‌های نفتی دالکی، کرمانشاه، ایذه و

مسجدسلیمان بود که نهایتاً چاه شماره یک مسجدسلیمان توانست عطش جویندگان نفت را با رسیدن به سنگ مخزن در عمق ۳۶۰ متری برطرف و ذخیره اقتصادی ارزانی دارد.

۱-۲- ژئوشیمی نفت

ژئوشیمی نفت امروزه به عنوان یک علم بنیادی جهت بهبود بازده اکتشاف و تولید به کار می‌رود. در سالهای اخیر با استفاده از تئوریه‌ها و روشهای مختلف ژئوشیمیایی بسیاری از مسائل مربوط به سنگ منشا و مهاجرت و تجمع نفت را مورد مطالعه قرار می‌دهند (Miller, 1995). علم ژئوشیمی آلی به حد بلوغ کامل خود نرسیده است و امروزه می‌توان شاهد پیشرفت‌ها و کاربردهای جدید این علم در اکتشاف و خصوصاً تولید بود. بکارگیری ژئوشیمی نفت به عنوان یک ابزار قدرتمند و تئوری کاربردی برای فهم و شناخت منشا نفت، مهاجرت و تجمعات نفتی موفقیت‌آمیز بوده است (Peters and Fowler, 2002). در سال‌های اخیر، کاربرد ژئوشیمی نفت در مخازن نفتی و تولید و توسعه میدان، بیش از پیش ثابت شده است. بسیاری از مسائل تولید و توسعه میادین نفتی می‌تواند با استفاده از ژئوشیمی نفت، سریع و با قیمت ارزان حل شود. برای مثال پیشرفت‌های اخیر در ژئوشیمی مخزن می‌تواند در بازیافت نفت‌های غیر قابل استحصال، کاربرد داشته باشد (Kaufman et al, 1990).

یکی از مشکلاتی که شرکت‌های نفتی با آن دست به گریبان بودند این بود که در همه چاه‌های حفاری شده نفت وجود نداشت. با توجه به هزینه بالای حفاری که حتی امروز هم بسیار سنگین می‌باشد لازم می‌نمود از روشهای علمی استفاده بیشتر و بهینه‌تری به عمل آید. بدین ترتیب علم شیمی به کمک زمین‌شناسان آمد و شاخه علم ژئوشیمی آلی ایجاد و در خدمت اکتشاف منابع نفت و گاز قرار گرفت.

۱-۳- کاربرد ژئوشیمی نفت در اکتشاف و استخراج

بسیاری از معضلات تولید و توسعه میادین نفتی بوسیله روش‌های ژئوشیمیایی نفتی به صورت سریع و کم‌هزینه مرتفع می‌گردند. برای مثال آنالیز ژئوشیمیایی سیالات مخزنی می‌تواند جهت ارزیابی پیوستگی مخازن به کار رود (Kaufman et al., 1990). به طور کلی کاربرد ژئوشیمی در اکتشاف نفت را می‌توان در پنج حالت طبقه بندی نمود (Peters and Fowler, 2002):

۱ سیستم‌های نفتی و ریسک اکتشاف

- ۲- تطابق نفت - نفت و نفت - سنگ منشا
- ۳- مدل سازی ۳ بعدی حوضه نفتی
- ۴- فرآیندهای ثانویه تأثیرگذار بر ترکیب نفت
- ۵- آلودگی نمونه‌ها

از آنجا که این مطالعه عمدتاً درباره تطابق نفت - نفت می‌باشد لذا در ادامه بیشتر بدان پرداخته می‌شود. مقایسه‌های ژئوشیمیایی بین نفت‌ها و یا نفت‌ها و سنگ منشا احتمالی آنها می‌تواند برای تعیین ارتباط ژنتیکی بین آنها به کار رود (Peters and Moldowan, 1993). با استفاده از تطابق‌های فوق می‌توان به تشخیص انواع خانواده‌های نفتی در یک حوضه رسوبی، تک منشا یا چند منشا بودن آنها، ارتباط احتمالی بین سطوح گسلی یا افق‌های مختلف تولیدی در یک حوضه و بسیاری از مسائل دیگر پی برد (Tissot and Welte, 1984).

۱-۳-۱- تطابق نفت - نفت

پارامترهای مناسب برای تطابق نفت - نفت (Oil-Oil Correlation) می‌تواند از انواع مختلف ترکیبات هیدروکربنی یا غیرهیدروکربنی موجود در نفت‌های خام انتخاب گردد. یکی از بهترین پارامترها برای مقایسه استفاده از نشانه‌های زیستی (Biomarkers) می‌باشد. از آنجائیکه ترکیبات استروئید و ترپنوئید در این رابطه بسیار مهم و قابل توجه می‌باشند، لذا الگوی پخش مولکول‌های هیدروکربنی (همانند آلکانهای نرمال) یا انواع مختلف نفتن‌ها و آروماتیک‌ها می‌تواند در چنین امری موثر باشد. در مجموع در تطابق نفت- نفت ممکن است که پارامترهای انتخاب شده طوری باشند که بتوانند محدوده‌ای وسیع از وزن مولکولی را در برگیرند. چنین اطلاعاتی می‌تواند بوسیله مقادیر آلکان‌های نرمال توسط کروماتوگرافی گازی (GC) در ترکیبات هیدروکربنی اشباع شده بدست آید. از دیگر پارامترهای مهم در این تطابق، استفاده از نسبت ایزوتوپهای پایدار کربن می‌باشد (Tissot and Welte, 1984).

نهایتاً می‌توان پارامترهای رایجی را که معمولاً در تطابق (Correlation) استفاده می‌شود به صورت زیر ملاحظه نمود (Waples and Machihara, 1991):

۱ داده‌های حاصل از آنالیز GC (نحوه توزیع آلکانهای نرمال، Pr/Ph و ...)

- ۲ محتوای سولفور (Sulfur content)
- ۳ چگالی نفت خام (API Gravity)
- ۴ ترکیب کلی نفت خام (Gross composition): شامل درصد هیدروکربن‌های اشباع، آروماتیکی، غیر هیدروکربن‌ها و آسفالتن‌ها
- ۵ نسبت‌های ایزوتوپ‌های کربن پایدار
- ۶ بیومارکرهای مختلف (شامل استران‌ها، تری‌ترپان‌ها و...) که از آنالیزهای GC-MS بدست می‌آیند.
- ۷ استفاده از شکل خط مبناهای (Baseline) مربوط به گراف‌ها در مواردی که تخریب شدید صورت گرفته و یا نفت فوق بالغ است.
- همچنین بر اساس تحقیقات ویپلز و ماچیهارا (Waples and Machihara, 1991) به هنگام انجام عمل تطابق باید موارد ذیل را به دقت رعایت نمود:
- ۱ هر گونه تغییراتی که در حین مهاجرت، تخریب زیستی و بلوغ رخ می‌دهند باید مدنظر قرار داده شود و در صورت امکان از پارامترهای بیومارکری استفاده شود که از بلوغ تاثیر نمی‌پذیرند.
- ۲ نحوه توزیع استران‌های منظم C_{27} تا C_{30} و یا استران‌های C_{27} و C_{29} برای تطابق مهم هستند.
- ۳ توزیع هوپان‌های توسعه‌یافته (Extended Hopanes) در پاره‌ای از موارد ارزشمند است مخصوصاً هنگامی که C_{31} تا C_{35} کاهش منظم نداشته باشند.
- ۴ تری‌ترپان‌های غیررایج مانند گاماسران، ۲۸ و ۳۰ بیسن‌نورهوپان، ۲۵ و ۲۸ و ۳۰ تریسن‌نورهوپان، الینان‌های مختلف، هوپان‌های شش‌حلقه‌ای (Hexacyclic Hopanes) زمانی که حضور دارند برای تطابق ارزشمند هستند.
- ۵ تمام مواردی که در هنگام بکارگیری بیومارکرها برای آنالیز رخساره‌های آلی در یک چاه به کار گرفته می‌شوند می‌توانند برای تطابق در همان چاه هم استفاده شوند. به عنوان مثال هنگامی که تغییرات سریع رخساره‌ها مخصوصاً در محیط‌های کربناته (Clark and Philp, 1989) بررسی می‌شوند، به سختی می‌توان نمونه‌ای را به عنوان سنگ منشا واقعی برای نفت در نظر گرفت.

بنابراین، غیره منتظره نیست که یک نمونه سنگ منشا یافت شود که به طور کامل با هیچ نفتی مطابقت نداشته باشد.

۶ در تمامی تطابقها باید علاوه بر بیومارکرهای استران و تری‌ترپان از دیگر اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی هم استفاده شود.

۱-۴- کاربرد ژئوشیمی در مدیریت مخازن زیرزمینی نفت

مقدار نفتی که می‌تواند از مخازن بازیافت و تولید شود، ۱۰ تا ۸۰ درصد نفت موجود در مخازن نفتی است. ولی متوسط بازیافت جهانی آن ۲۰ درصد می‌باشد (Miller, 1995). تکنیکهای ژئوشیمی آلی روشهای سریع و ارزان قیمتی برای استخراج از مخازنی که به عنوان مخازن غیر قابل بازیافت مطرح شده‌اند، پیشنهاد می‌کند. از طرف دیگر داده‌های حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی نفت مکمل مفیدی برای اطلاعات بدست آمده از مهندسی مخزن می‌باشد. برخی از کاربردهای ژئوشیمی نفت در مدیریت مخزن، توسعه میدان و تولید عبارتند از:

- ۱ تعیین تداوم مخازن نفتی (Reservoir Continuity)
- ۲ تعیین مشخصات نفتهای تلفیق شده حاصل از زونهای مختلف بهره‌برداری
- ۳ پیش‌بینی کیفیت نفت در زونهای مختلف مخزنی و تجمعات نفت سنگین
- ۴ تعیین سطح تماس گاز - نفت و نفت - آب (Peters and Fowler, 2002).

۱-۵- پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه

۱-۵-۱- نشانه‌های زیستی (Biomarkers)

بیومارکرها ترکیباتی هستند که در نفتها، بیتومن‌ها و رسوبات یافت می‌گردند. به دلیل اهمیت بالای آنها، فسیل‌های ژئوشیمیایی (Geochemical Fossils) هم به آنها اطلاق می‌شود. بیومارکرها از نظر ساختاری بسیار شبیه به پیش‌سازنده‌های خود می‌باشند که طی فرآیندهای طبیعی توسط ارگانیسم‌های طبیعی بوجود آمده‌اند. معمولاً بیومارکرها تمامی یا قسمتی از اسکلت کربنی پیش‌سازنده طبیعی خود را حفظ می‌کنند و این عاملی است که باعث اطلاق واژه فسیل‌های مولکولی (ژئوشیمیایی) به آنها می‌گردد. در نتیجه تلاش‌های فراوان به منظور شناسایی نحوه تبدیل مواد آلی به نفت، ارزش بیومارکرها به عنوان ابزاری برای بررسی‌های محیطی آشکار

گردید (Engle and Macko, 1997). بیومارکرهایی که تحت شرایط زمین‌شناسی پایدار می‌باشند اکثراً از لیپیدها تشکیل شده‌اند و اطلاعاتی در مورد فراوانی انواع موجودات، شرایط محیط دیرینه، شیمی آب و تاریخچه حرارتی ارائه می‌دهند. در مهندسی مخزن ثابت شده است که ترکیب نفت مخزنی هم در راستای قائم و هم در راستای جانبی، ناهمگون است، بنابراین بیومارکرها نیز ممکن است به صورت ناهمگون توزیع شده باشند (England, 1990).

۱-۵-۱-۱- کاربرد بیومارکرها در مطالعات اکتشافی و ژئوشیمیایی نفت

امروزه کاربرد بیومارکرها در مطالعات ژئوشیمیایی بر روی هیدروکربن‌ها و سنگ‌های منشا احتمالی آنها بسیار گسترده شده است. پارامترهای فراوانی را با استفاده از نسبت‌های بیومارکری می‌توان مشخص نمود که بسیاری از آنها ارزش فراوانی در تفسیرهای زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی مخازن هیدروکربنی دارند که در ادامه به مهمترین آنها اشاره می‌شود: تعیین سن سنگ منشا نفت، تعیین محیط رسوبگذاری سنگ منشا، سنگ شناسی یا لیتولوژی سنگ منشا، میزان بلوغ حرارتی سنگ منشا (Peters and Moldowan., 1993)، تعیین میزان تخریب زیستی نفت‌ها، پی بردن به منشا مواد آلی مولد هیدروکربن‌ها، انطباق نفت‌های خام مختلف با یکدیگر و تعیین خانواده‌های مختلف نفتی، انطباق نفت با سنگ منشا برای یافتن سنگ منشا نفت‌ها و پارامترهای دیگری که هر کدام به نوبه خود ارزش خاصی در تفاسیر زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی مربوط هیدروکربن‌ها و سنگ منشاها دارند. نسبت هومولوگ‌های مجاور هم یا ترکیب‌هایی با ساختارهای مشابه، از جمله آنهایی که جزو نسبت‌های بیومارکری وابسته به سنگ منشا هستند، از زمانی که بیتومن هستند تا زمانی که به صورت نفت مهاجرت می‌کنند، تغییر نمی‌یابند. برای مثال در مورد استرانهای C_{27} تا C_{29} که در نمودار سه‌تایی $C_{27} - C_{28} - C_{29}$ استفاده می‌شود، تفاوت چندانی بین هیدروکربن استخراج شده از سنگ منشا (Extract) و نفت تولید شده از همان سنگ منشا وجود ندارد. همچنین در نمونه‌های نفتی مربوط به مخازن و چشمه‌ها می‌توان به طور غیرمستقیم از بیومارکرها برای پیش‌بینی کیفیت سنگ منشا استفاده نمود، حتی زمانی که نمونه سنگ منشا برای مقایسه مستقیم در اختیار نباشد (Peters et al., 2005).

۱-۵-۱-۲- بحث مختصری در مورد تأثیر آب شور و شیرین بر بیومارکرها

نفت‌هایی که از سنگ منشاهای شور (نهشته شده در آب شور) منشا می‌گیرند، گاماسران بالایی را نشان می‌دهند و در مقابل نفت‌های منشا گرفته از سنگ منشاهای نهشته شده در آب شیرین دارای مشخصات ذیل می‌باشند (Peters et al., 2005):

۱- مقادیر پایین ترپان‌های سه‌حلقه‌ای (Tricyclic Terpanes) در مقایسه با هوپان‌ها.

۲- دارای ترپان پنج حلقه‌ای غیر رایج (C_{30}) هستند.

۳- مقدار پایین $C_{31} - C_{35}$ هوموهوپان در مقایسه با C_{30} Hopane

۴- مقدار بالای 24-Ethylcholestane (C_{29}) در مقایسه با دیگر استران‌ها

۱-۵-۱-۳- پرستان (Pristane) و فیتان (Phytane)

پرستان و فیتان هر دو حاصل مولکول کلروفیل (chlorophyll) می‌باشند. کلروفیل‌ها رنگدانه‌های موجود در گیاهان هستند و بوسیله پیوستن چهار حلقه پیرول (pyrrole) به شکل ساختمان پورفیرین درآمده و سپس با اضافه شدن اتم‌های کربن به صورت جانیشینی، زنجیره‌های بلند فیتول (phytol) را می‌سازد. مولکول کلروفیل دارای یک اتم منیزیم در مرکز بوده که توسط اتمهای نیتروژن احاطه شده است. کلروفیل در خاک‌ها و در سیستم گوارش جانوران، تجزیه شده و به زنجیره بلند الکل فیتول با فرمول $C_{20}H_{43}OH$ تبدیل می‌گردد. فیتول نیز می‌تواند در مراحل بعدی با احیاء شدن به فیتان تبدیل شده و یا ممکن است اکسید گشته و به شکل پرستان ظاهر گردد (Baker and Louda, 1986). از آنجائیکه پرستان (Pr) محصول دکربوکسیله شدن می‌باشد، لذا می‌توان از نسبت پرستان به فیتان (Pr/Ph) جهت جدایش نوع محیط رسوبگذاری سنگ منشا استفاده نمود (Hunt, 1996). در محیط‌های اکسیدان، نسبت Pr/Ph بالا بوده در حالی که در محیط‌های احیایی این نسبت رو به کاهش می‌گذارد (Powell and McKirdy, 1973). محققینی همچون وپلز (Waples, 1985) معتقدند که اگر نسبت Pr/Ph کمتر از یک باشد، شاخص رسوبات دریایی احیایی با سولفور بالا بوده، ولی اگر بین ۱ تا ۳ واقع گردد، نشاندهنده رسوبات دریایی اکسیدی می‌باشد و مقادیر بیشتر از ۳ را به زغال‌ها نسبت می‌دهند.

۱-۵-۱-۴- ترپان‌های سه حلقه‌ای C_{19} تا C_{45} (Tricyclic Terpanes)

ترپان‌های سه حلقه‌ای به مقدار فراوان در نفت‌ها و سنگهای منشا دریایی یا دریاچه‌ای یافت می‌شوند. آنها محصولات دیاژنتیکی پوسته‌های پروکاریوت‌ها می‌باشند (Ourisson et al., 1982). این ترپان‌ها در نفتهایی با منشا قاره‌ای دیده نشده‌اند. سری‌های هومولوگ از ترپان‌های سه حلقه‌ای C_{19} تا C_{30} در تمام نفت‌های خام و رسوبات با سن ژوراسیک تا ترشیاری دیده شده‌اند. این ترپان‌ها دارای سیستم حلقه‌ای بوده که با اضافه شدن زنجیره کناری به حلقه‌ها، سبب طولانی‌تر شدن زنجیره می‌گردند (Hunt, 1996). تمرکز ترپان‌های سه حلقه‌ای با افزایش بلوغ فزونی می‌یابد که شاید بتوان علت آن را به آزاد شدن نیمی از ترپان‌های سه حلقه‌ای در ساختمان کروژن‌ها و آسفالتن‌ها نسبت داد (Kruge, 1986). ترپان‌های سه حلقه‌ای در برابر تجزیه زیستی از خود مقاومت نشان داده و لذا نمی‌توان از آنها برای تعیین سطح تجزیه زیستی در نفت‌ها استفاده نمود ولی همین امر سبب می‌گردد که به عنوان یک بیومارکر مهم جهت تطابق نفت‌های به شدت تجزیه زیستی شده استفاده نمود (Behar and Albrecht, 1984).

نسبت ترپان‌های سه حلقه‌ای به هوپان‌ها (tricyclics/17 α -hopanes) نیز با افزایش بلوغ بیشتر می‌گردد (Seifert and Moldowan, 1978). از آنجائیکه ترپانهای سه حلقه‌ای و هوپان‌ها تحت تاثیر دیاژنز ترکیبات بیولوژیکی مختلفی شکل گرفته‌اند، لذا با استفاده از نسبت فوق می‌توان نفتهای خام تشکیل شده از سنگهای منشا متفاوت یا از یک سنگ منشا با رخساره‌های گوناگون را از یکدیگر متمایز نمود (Ourisson et al., 1982). نفت‌های مشتق شده از سنگهای منشا کربناته می‌توانند به راحتی توسط مقادیر بالای ترپان‌های سه حلقه‌ای C_{22}/C_{21} و مقادیر پائین C_{24}/C_{23} از نفتهایی با سنگهای منشا دیگر متمایز شوند. همچنین می‌توان جهت جدایش نفتهای خام دریایی از دریاچه‌ای، از نسبت ترپان‌های سه حلقه‌ای C_{26}/C_{25} در برابر مقادیر $C_{31}R/C_{30}$ Hopane استفاده نمود (Zumberge and Ramos, 1996).

تری‌سیکلیک ترپان‌ها از C_{19} تا حداقل C_{54} گسترش یافته‌اند زیرا آنها مربوط به زنجیره‌های کناری ایزوپرنوئیدها می‌باشند (Moldowan et al., 1983; De grande et al., 1993). به نظر می‌رسد که ترپان‌های سه حلقه‌ای ($C_{30} <$) با کمتر از ۳۰ اتم کربن از ایزوپرنوئید منظم C_{30} منشا گرفته باشند (Aquino Neto et al., 1983). همچنین این ترپان‌ها می‌توانند از غشای