همایون مطیعی

چالش‌های سنگ‌های کربناتی در نفت

۱- مقدمه

به طور کلی تقریباًیک پنجم کل سنگ‌های رسوبی در جهان را سنگ‌های کربناتی اعم از آهک یا دولومیت تشکیل می‌دهند (Pettijohn ۱۹۷۵). سنگ‌های کربناتی دارای گسترش وسیع جغرافیایی هستند و از نظر سنی از پره کامبرین تا عهد حاضر دارای پهنه زمانی هستند. سنگ‌های کربناتی خواص محیط رسوبی خود را به خوبی حفظ نموده و با تغییرات رخساره‌ای این خواص را ثبت نموده‌اند. گذشت زمان و عمق تدفین‌کربنات‌ها را تحت تاثیر عوامل دیاژنتیک متعددی قرار می‌دهد که در نهایت ظرفیت نهایی توان مخزنی‌کربنات‌ها را برای انباشتن هیدروکربور کنترل نموده است.

کربنات‌ها به همراه ماسه سنگ‌ها تمامی‌ذخایر نفتی جهان را در خود انباشته‌اند. امروزه تقریباً پنجاه و دو درصد نفت و گاز جهان از میدان‌های عظیم نفتی کربناتی تولید می‌شود(Roehi & Choquette ۱۹۸۵) و در همین مقوله(Wilson ۱۹۸۰B) می‌گوید در حدود ۲۶۰ میدان عظیم نفتی کربناتی وجود دارد که هفتاد و پنج درصد ذخایر قابل استحصال جهانی را در برگرفته‌اند (Halbouty et al. ۱۹۷۰).

۲- ذخایر هیدروکربوری درکربنات‌ها

این حقیقت که‌کربنات‌ها از مهمترین مخازن نفتی دنیا محسوب می‌شوند، مورد اتفاق نظر است چه حدود بیش از نصف کلیه ذخایر نفتی و گازی جهان در مخازن کربناتی در مخازن کربناتی تجمع حاصل کرده‌اند.

(Wilson ۱۹۸۰A) امروزه تقریباً چهل درصد نفت و گاز جهان از میدان‌های عظیم کربناتی تولید می‌شود (Roehi & Choquette (۱۹۸۵ و در همین مقوله (Wilson ۱۹۸۰A) می‌گوید حدود ۲۶۰ میدان عظیم کربناتی تقریباً ۵۵ درصد کل نفت جهان و ۴۹ درصد کل گاز جهان را در خود جای داده‌اند (میدان عظیم نفتی بدین معنی است که ذخیره آن بیش از نیم بیلیون بشکه نفت و با معادل انرژی آن باشد) (Wilson(۱۹۸۰ B.

در آمریکای شمالی حدود یک سوم نفت و گاز عمده در مخازن کربناتی قرار دارند و حدود پنجاه درصد تولید نفت‌های میدان‌های عظیم کربناتی در آن نواحی استحصال می‌شوند (Halbouty et al ۱۹۷۰).

(Roehi & Choquette ۱۹۸۵) در کتاب مخازن نفتی کربناتی جهان خلاصه‌ای از انواع مخازن کربناتی جمع آوری کرده‌اند.از جمیع داده‌های فوق به خوبی روشن می‌شود که در سطح جهان مخازن کربناتی به همان اندازه مهم و با ارزش هستند که مخازن ماسه سنگی چه از نظر زایش و چه از نظر حجم. ولی اهمیت مخازن کربناتی در ایران دارای اهمیت ویژه‌ای است چه حدود ۸۵ درصد ذخایر نفت و ۹۰ درصد ذخایر گاز در این گونه مخازن انباشته شده‌اند.

۳- اهمیت اقتصادی ذخایر هیدروکربوری انباشته در سنگ‌های کربناتی ایران

5.84 T $	116.8 Bbbl	6.87 T $	137.5 Bbbl
1.09 T $	900 TCF	1.13 T $	1000 TCF
6.93 T $		8.00 T $	

درکل ارزش اقتصادی ذخایر نفتی انباشته شده در سنگ‌های کربناتی حدود ۸۶ درصد کل ارزش اقتصادی ذخایر هیدروکربوری ایران است. در این جدول هر بشکه نفت ۵۰ دلار و هر متر مکعب گاز ۴ سنت محاسبه شده است.

۴- اهمیت سنگ‌های کربناتی در سایر صنایع

علاوه بر منابع هیدروکربوری سنگ‌ها کربناتی در صنایع دیگر نیز حائز اهمیت

فراوان است مثلاً؛ در صنایع سیمان، خوراک اصلی کارخانه‌ها آهک است. در سدسازی به خصوص در استان‌های خوزستان، لرستان و چهارمحال بختیاری، شانه سدها بر رخنمون آهکی استوار است و معمولاًتونل‌های این سدها در سنگ‌های کربناتی حفاری شده‌اند مانند سدهای شهید عباسپور، مسجد سلیمان، کارون۳ و غیره. استخراج آب‌های کارستی در استان‌های فارس، کهکیلویه و بویراحمد تماماً از چاه‌های حفر شده در آهک‌ها صورت می‌پذیرد. در زون سنندج سیرجان غالباًذخایر معدنی سرب و روی در آهک‌ها استخرج می‌شوند. استخراج کربنات منیزیم از دولومیت‌ها صورت می‌گیرد و این کانی در ساخت آجرهای نسوز، سرامیک، در لاستیک‌سازی، صنایع دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صنایع ساختمانی؛ آهک پخته، سنگ‌پی آهکی، سنگ نما و تولید آجرهای ماسه آهکی تماماً از سنگ‌های کربناتی تامین می‌شوند.

۵- درک مخازن کربناتی از کجا آغاز شد؟

خالی از لطف نیست که بدانیم اولین میدان نفتی کربناتی حاوی نفت به میزان اقتصادی میدان نفتی مسجدسلیمان (MIS) می‌باشد تا قبل از ۱۹۰۸ تصور کشف نفت در مخازن کربناتی دور از ذهن بود ولی پس از کشف نفت در سازند کربناتی آسماری میدان مسجدسلیمان در آن سال نقش میدان‌های کربناتی به تدریج روشن گردید. جالب توجه است که بدانیم حتی سال‌های بعد از کشف میدان مسجد سلیمان، زمین شناسان تصور می‌کردند که نفت در لایه‌های ماسه‌ای پوش سنگ آن نواحی تجمع حاصل کرده است.ولی با کارهای (Busk & Mayo ۱۹۱۸) و حفاری‌های بعدی نظریات تغییر یافت و آن باور حتی تا سالیان بعد به صورت تصور سنگ منشا و سنگ مخزن بودن توام آسماری خود را نشان می‌داد (۱۹۴۲ R.K. Richardson).

در هر صورت میدان کربناتی مسجد سلیمان اولین میدان نفتی خاورمیانه و اولین میدان کربناتی جهان محسوب می‌شود. تا دهه ۱۹۳۰ روشن شده بود که عدم تناسب تولید زیاد نفت باتراوایی آژند مخازن کربناتی در مسجد سلیمان، هفتکل و نفت سفید ناشی از وجود شکستگی‌هاست و لی تا اواخر دهه ۱۹۵۰ موضوع جدی گرفته نشد. در آن ایام برای اولین بار مدل‌های ریاضی شبیه‌سازی مخازن که برای مخازن ماسه سنگی طراحی شده بودند، در مورد مخازن کربناتی ایران به کار گرفته شد و جواب‌های نامعقول را ناشی از شکستگی‌های مخازن دانستند و از آن زمان تا کنون مطالعه شکستگی‌ها ادامه دارد.

۶- نقش و رفتار سنگ‌های کربناتی در نفت

اغلب سنگ‌های کربناتی در نواحی حاره یا نیمه حاره (بین مدارات راس الجدی و راس السرطان) در آب‌های دریایی گرم و کم عمق راسب شده‌اند (۱۹۷۵ Wilson). مخازن کربناتی را نتیجه‌اندرکنش چندین و چند عامل مختلف می‌داند که از آن جمله می‌توان به توالی رسوبی، بافت، تخلخل اولیه، تراوایی، دیاژنزهای اولیه، دیاژنزهای دیرپا، تاریخچه تدفین و تاثیر تکتونیک اشاره نمود. معمولاً نحوه و درجه دیاژنز درکربنات‌ها بروز خواص مخزنی در آنها را کنترل می‌کند (۱۹۸۰ A Wilson).

تولید نفت از مخازن کربناتی مبین رفتار و عمل چندگونه سنگ‌های کربناتی است (Wilson ۱۹۸۰ A,B)، (Roehi & Choquette ۱۹۸۵). از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

۶-۱ سنگ‌های منشا: سابقاًتصور بر این بود که سازندهای پابده، کژدمی‌و گروکه سنگ‌های منشا بسیار مهم در فروافتادگی دزفول به حساب می‌آیند دارای سنگ‌شناسی شیل می‌باشند در حالی‌که مطالعات اخیر نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصدترکیب سنگ آن سازندها کربناتی است و لذا در زمره سنگ منشاهای کربناتی به حساب می‌آیند.

۶-۲ مخازن کربناتی: با شرحی که در مقدمه آمده است، توضیح بیشتر موضوعیت ندارد ولی خاطر نشان می‌سازد علاوه بر سازند آسماری، و گروه‌های بنگستان، خامی‌و دهرم گاهی آثار نفت، گاز اقتصادی و غیر اقتصادی در سازندهای پابده، گورپی و کژدمی‌کشف گردیده است که به‌ترتیب می‌توان به کرنج، آزادگان، چهار بیشه و دارا اشاره نمود که با افزایش درصدکربنات‌ها در آن سازندهای شیلی خواص مخزنی پدیدار شده است.

۶-۳ پیرامون پوش سنگ‌های کربناتی به جز مواردی کوچک مثال‌های قابل توجهی وجود ندارد و لی در میدان‌هایی که لایه‌های آهکی دارای ناخالصی شیل باشند و دولومیتی شدن در آنها اثربخش نباشد و ساختمان آرام و کم شیب باشد، این‌گونه طبقات می‌توانند نقش پوش سنگ را ایفا نمایند. نمونه بارز این پدیده در میدان دهلران در سازند سروک دیده می‌شود که مخزن به دو لایه کاملاً مجزا از یکدیگر به وسیله یک لایه آهکی تقسیم شده است.

۶-۴ عنوان نفت‌گیرها: با توجه به اینکه تا کنون در ایران نفت‌گیرهای چینه‌ای کشف نشده و تمامی‌تله‌های نفتی تاقدیسی می‌باشند، می‌توان درگیری مستقیم‌کربنات‌ها را در ساخت تاقدیس‌ها استنباط نمود ولی در اینجا توجه به چند نکته ضروری است؛ اول آنکه سنگ‌های کربناتی در زمره مواد شکننده قابل ارزیابی می‌باشند به این معنی که‌کربنات‌ها دچار تغییر شکل پلاستیک نمی‌شوند و بلافاصله بعد از حد تناسب دچار شکستگی می‌شوند لذا انحنای تاقدیس‌ها در اثر شکستگی‌ها به وجود آمده‌اند که خود مرتبط با شکنندگی‌کربنات‌هاست. گسترش این شکستگی‌ها در عمق تا سنگ‌های منشا تداوم یافته و اساساًمهاجرت نفت از طریق همین شکستگی‌ها اتفاق افتاده است؛ متصل و یکنواخت بودن آسماری و بنگستان در میدان‌های آغاجاری، بی بی حکیمه، رگ سفید و گچساران گواه این مطلب است. به عبارتی ساده‌تر شکنندگی‌کربنات‌ها موجب پدیدار شدن شکستگی‌ها و مهاجرت نفت از طریق آنها تجمع هیدروکربورها را در مخازن آسماری و بنگستان میسر ساخته است.

۷- مشخصات ممیز سنگ‌های کربناتی

گسترش سنگ‌های کربناتی در زمان و مکان از سایر سنگ‌های رسوبی ممیز است (Ham & Pray ۱۹۶۲). این مشخصات ممیزی که موجب تفکیک سنگ‌های کربناتی از ماسه سنگ‌ها می‌شود به قرار ذیل است:

۱) منشا درون حوضه ای
۲) وابستگی مستقیم به فعالیت‌های زیستی
۳) حساسیت آنها نسبت به تغییرات بعد از رسوب شدن
۴) پیچیدگی هندسی فضای تخلخل

۷-۱ منشا درون حوضه‌ای:

بیشتر سنگ‌های کربناتی در فاصله‌ای بسیار نزدیک به محل رسوب شدن شکل گرفته‌اند و این تفاوت اساسی آنها با ماسه سنگ‌ها و شیل‌هاست چه آنها از سنگ‌هایی خارج از محل رسوبی خود منشا گرفته‌اند، به همین علت درک منشا درون حوضه‌ای و محلی رسوبات کربناتی از دو نقطه نظر بسیار پر اهمیت است یکی تفسیر رخساره رسوبی و دیگری پیش‌بینی گسترش آنها در زیرزمین است.

رسوبات کربناتی همچون دیگر رسوبات نسبت به شکل حوضه و خواص فیزیکو شیمیایی آب درون حوضه حساس می‌باشد. شکل حوضه خود تابعی است از توپوگرافی از قبل موجود، تکتونیک محلی و تغییرات سطح آب دریا است. در هر صورت عوامل حاکم بر گسترش و صفات ممیزه رخساره‌های اصلی کربناتی به مراتب از آنچه مربوط به رسوبات آواری است، متفاوت است. به عنوان مثال رسوبات کربناتی به علت منشا درون حوضه‌های خود، واکنش بسیار متفاوتی را به تغییر نسبی سطح آب دریا از خود نشان می‌دهد تا رسوبات آواری.

کربنات‌ها در این مورد که می‌تواند محیط رسوبی و محیط‌های مجاور خود را تحت تاثیر و تغییر دهند، منفرد هستند. این تاثیرات در چرخه سیستمی، داده فرآورش ستاده و باز خور قابل فهم است. به عنوان مثال می‌دانیم ریف‌ها به سمت سطح آب گسترش می‌یابند. تصور کنید ریفی از صفر شروع به رشد می‌نماید و سپس به سطح آب دریا می‌رسد.بنابراین هم محیط خود را تغییر داده است و در عین حال مانع چرخش آب به پشت ریف نیز می‌شود.

۷-۲- وابسته بودن به فعالیت‌های زیستی

اغلب رسوبات کربناتی چه به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم به فعالیت‌های

زیستی وابسته‌اند و به همراه راسب شدن با فعالیت‌های زیستی تغییر می‌یابند.

– اکثر سنگ‌های کربناتی از قطعات و ذرات بقایای قابل تشخیص اسکلتی حیاتی تشکیل شده‌اند. این بقایا می‌توانند به صورت ذرات ریز تشکیل دهنده گل‌های آهکی و یا ابعاد درشت‌تر قلوه‌ای باشند. حتی این اعتقاد وجود دارد که میکریت آهکی بقایای جانوری هستند.

– در ردیف‌های کربناتی و سنگ رخساره‌ها و زیست رخساره‌ها موازی به شدت در ارتباط با عوامل کنترل کننده محیط حیات دریایی و حاکم بر انتشار موجودات زنده می‌باشند.

– تشکیل ذرات و تخریب بعدی آنها در کف دریا معمولاً با فعالیت‌های زیستی مرتبط است. بسیاری از ذرات کربناتی از شکسته و خرد شدن اسکلت کربناتی جانداران دریایی حاصل شده‌اند و حتی در پی رسوب شدن ذرات کربناتی می‌توانند به وسیله فعالیت‌های زیستی تخریب و یا نابود شوند.

– جابه‌جایی و حرکت ذرات پس از رسوب شدن به وسیله موجودات زنده پدیده‌ای معمول و رایج در محیط‌های رسوبی کربناتی است. جانوران حفار رسوبات در حین تولید پلت‌های دفعی بافت اولیه رسوبات را به هم ریخته و ساختمان‌های اولیه رسوبی را تخریب می‌نمایند. حتی بعضی از جانوران به ذرات حمل کرده و آنها را سوراخ کرده و یا به داخل منفذهای سنگ آهک وارد شده، آنها را تعریض و یا با رسوب‌گذاری مسدود می‌نمایند. در هر صورت گاهی این عمل‌ها موجب افزایش تخلخل می‌شود.

– الگوهای دیاژنز در سنگ‌های کربناتی معمولاً مبین کانی‌شناسی اولیه ذرات تشکیل دهنده در رخساره زمینه است. ذرات و قطعات اسکلتی و غیراسکلتی با توجه به سن دارای کانی‌شناسی اولیه قابل پیش‌بینی هستند. آگاهی به این روابط می‌تواند این توان پیش‌بینی را به وجود آورد که یک رخساره به خصوص، چگونه واکنش دیاژنتیکی را درطی دوران پس از رسوب شدن از خود بروز می‌دهد.

۳-۷- حساسیت به تغییرات بعد از رسوب شدن

رسوبات کربناتی در مقایسه با سایر نهشته‌های رسوبی دیگری از نظر حساسیت به تغییرات بعد از رسوب شدن منفرد می‌باشند. مسلماً این تغییرات در طی فرایندهای متعدد دیاژنتیکی به وجود می‌آیند.

الف) رسوبات کربناتی شدیداً موجب ایجاد محیطی واکنشی می‌شوند زیرا حداقل کربنات‌ها محیطی یونیزه و الکترولیتی ایجاد می‌نمایند.

ب) کانی‌های کربناتی رایج (آراگونیت، کلسیت با منیزیوم زیاد، کلسیت با منیزیوم کم و دولومیت). دارای قابلیت انحلال متفاوت و پایداری متفاوت می‌باشند. توالی یادشده کانی‌های کربناتی بر اساس پایداری تنظیم شده است و دولومیت پایدارترین آن سری به حساب می‌آید.

ج) کانی‌های کربناتی در محدوده وسیعی از ابعاد ذرات و بلورها دیده می‌شوند و این ابعاد ذرات در قابلیت انحلال بسیار موثر است.

د) رسوبات کربناتی که دارای تخلخل و تراوایی اولیه زیادی هستند، موجب تسهیل حرکت سیالات متفاوت و موجب افزایش کنش‌های دیاژنتیک می‌شود.

ه) رسوبات کربناتی نسبت به دیاژنزهای اولیه نزدیک به سطح حساس هستند، چه در مقابل سیمان شدگی به وسیله آب دریا و یا در مقابل انحلال به وسیله آب‌های شیرین و سیمان کاسیتی شدن.

۴-۷- پیچیدگی شکل فضای تخلخل:

سیستم تخلخل در سنگ‌های کربناتی از نظر زایش و گلوگاه‌ها بسیار پیچیده و از آنچه در ماسه سنگها دیده می‌شود، متفاوت است. فرایندهای رسوب شدن، اندازه جور شدگی دانه‌ها و ذرات را کنترل می‌نماید و حاصل آن تاثیر بر تخلخل اولیه سنگ است. فرایندهای رسوبی بسیار متفاوتند مثلاً به هم خوردن رسوبات به وسیله امواج و جریان‌های کشندی تا فرایند زیستی کنترل کننده مانند اثر جانوران گل خوار و غیره.

تخلخل قبل از رسوب شدن در مواد پر تخلخل اسکلتی در بسیاری از نهشته‌های کربناتی از نظر حجمی بسیار پر اهمیت است ولی از نظر مخزنی چندان اهمیت ندارد زیراتراوایی آنها غیر موثر است. اما تخلخل بعد از رسوب شدن بسیار پیچیده و حاصل انحلال و سیمان شدن است. کانی‌شناسی اصلی رسوبات و سیالات درون تخلخل که در میان رسوبات حرکت می‌نمایند. تا حد زیادی مجاری دیاژنز و روند تکامل سیستم تخلخل را در کنترل داشته‌اند.

۸- مسائل حفاری در سنگ‌های کربناتی

در شرایطی که حفاری در رخنمون‌های کربناتی در ارتفاعات بالای سطح دریا صورت گیرد مانند میدان‌های تابناک، دی، هما، عسلویه، وراوی، نار، کنگان، آغار و دالان در صورت استفاده از آب به عنوان گل حفاری، با هرزرویی شدید گل مواجه خواهیم بود. در این صورت از فنون حفاری زیر حد تعادل یعنی حفاری با هوا، حفاری با کف و با گل هوازده استفاده می‌شود. هنگامی‌که قرار باشد حفاری آهک‌ها در اعماق به عنوان سنگ مخزن عملی گردد و مساله حفاری در کلاهک گازی مخازن کربناتی است که بسیار خطرناک می‌باشد و معضل اصلی حفظ تعادل فشار گل حفاری در مقابل فشار سازندی است. بیشتر بودن فشار ستون گل موجب هرزروی و در پی آن فوران خارج از کنترل چاه است. در حقیقت مغزه گیری در زون‌های شکسته دشوار و یا غیر عملی است. از سویی دیگر انتخاب هندسه چاه‌های تولید لازم است با توجه به جهت یافتگی شکستگی‌ها صورت گیرد. در مخازن کربناتی که فشار مخزن در اثر تولید افت نموده است. کاربرد روش‌های حفاری زیر تعادلی توصیه می‌شود. هرچند انتخاب این روش با ملاحظاتی از قبیل پایداری بدنه چاه و تخریب و ضایعات سازند تولیدی در اثر برخورد خرده سنگ‌های ناشی از حفاری به بدنه چاه همراه است.

۹- مسائل پتروفیزیکی مخازن کربناتی

نمودارهای الکتریکی اعم از مقاومت سنجی، صوتی، نیوترون و دانسیته قادر به تشخیص شکستگی‌ها نیستند و پارامترهای مورد سنجش منحصر به آزند سنگ‌های کربناتی است.

در روابط حجم هیدروکربور قابل استحصال داریم:

$$N = V_r \times \varphi \times (1-S_w) \times F / B_o \text{ or } B_g$$

که در آن:

N حجم نفت قابل استحصال

Vr حجم کل سنگ مخزن

تخلخل

Sw اشباع آب
F ضریب بازیافت
Bo ضریب حجم نفت
Bg ضریب حجمی گاز است

در حقیقت این رابطه متعلق به آژند سنگ مخزن است در حالیکه در مخازن کربناتی علاوه بر تخلخل، آژند تخلخل شکستگی‌ها نیز موجود می‌باشند و به همین علت حجم نفت قابل استحصال از شکستگی‌ها به خوبی روشن نیست و لازم است فرمول اشاره شده را به صورت ذیل اصلاح نما ئیم، برای آژند؛

$$N_m = V_r \times \phi_m \times (N/G)_m \times (1-S_{w_m}) \times F_m / B_o \text{ or } B_g$$

و برای شکستگی‌ها بنویسیم:

$$N_f = V_r \times \phi_f \times (N/G)_f \times (1-S_{w_f}) \times F_f / B_o \text{ or } B_g$$

در این روابط
f شکستگی‌ها
m آژند است

از نظر پتروفیزیکی و نمودارگیری پارامترهای ϕ_f ، (N/G)f و Swf قابل اندازه گیری نیستند و آنچه به کار گرفته می‌شود، دارای اثبات علمی نمی‌باشند.

از دیگر مسائل پتروفیزیکی، عدم تطابق بافت رسوبی با تخلخل مفید است و یا آنکه بین تخلخل و تراوایی رابطه خطی برعکس ماسه سنگ‌ها وجود ندارد.

در ارزیابی نمودارهای الکتریکی گاهی به حجم نفت غیر قابل تحرک اشاره می‌شود که شاید بتوان آن را به دیاژنز بعد از مهاجرت نفت نسبت داد ولی این موضوع به اثبات نرسیده است.

۱۰- مسائل مهندسی تولید از مخازن کربناتی

انتخاب هندسه چاه از نظر تولید که چاه عمودی، با انحراف زیاد و یا افقی تکمیل شود برتری هیچ یک از آنها قطعی نیست. انتخاب نحوه تکمیل به صورت حفره باز با تولید سنگ ریزه و خوردگی تاسیسات سرچاهی همراه است. تکمیل چاه به صورت آستری سیمان شده و مشبک کاری موجب حذف تولید از شکستگی‌ها است چه مشبک کاری بر اساس پارامترهای پتروفیزیکی صورت می‌گیرد و چنانچه اشاره شد آنها قادر به تفکیک شکستگی‌ها نیستند.

تکمیل چاه به صورت آستری‌های از قبل مشبک شده و یا از قبل شیار داده شده بدون سیمان کاری معمولاً با کاهش تولید همراه است. ایجاد شکستگی‌های مصنوعی با استفاده از فشار هیدرولیک تا کنون در مناطق نفتخیز با موفقیت همراه نبوده است. عدم قطعیت مقدار پیش‌بینی تولید از هر چاه همواره در سنگ‌های کربناتی موجود است مثلاً گاهی چاه‌های تکمیل شده در میان ستون نفتی، گاز یا آب تولید نموده‌اند. البته این پدیده‌ها به شکستگی‌ها نسبت داده شده‌اند. بعضی اوقات دیده می‌شود که نمودارهای پتروفیزیکی تخلخل آژند را صفر نشان می‌دهند لیکن چاه قادر به تولید نفت و گاز است. براستی در چنین حالتی چگونه می‌توان چاه را تحریک و یا نحوه تکمیل آن چگونه باید باشد؟ تحریک چاه‌ها معمولاً با اسید کلرئیدریک حداکثر ۱۵-۲۵ درصد صورت می‌گیرد و لی می‌دانیم واکنش دولومیت‌ها کمتر از آهک است و آیا این تفاوت را در اسید کاری مخازن کربناتی در نظر گرفته‌ایم؟

۱۱- مسائل زمین‌شناسی در مهندسی مخازن کربناتی

مهمترین معضل در مهندسی مخازن کربناتی ناهمگنی این نوع مخازن است. به طور کلی ناهمگنی تحت تاثیر دو عامل اساسی است: اول دیاژنز و دوم شکستگی‌ها. دیاژنز اعم از زودرس و یا دیرپا بر تخلخل، تراوایی و خواص شکنندگی سنگ‌ها دارای تاثیر فراوان می‌باشند. در طی فرایند دیاژنز آراگونیت به کلسیت تبدیل شده و تخلخل کاهش می‌یابد. کلسیت به دولومیت تبدیل شده و تخلخل افزایش می‌یابد. تبدیل مجدد دولومیت به کلسیت به همراه سیمان شدگی مجدد نابود کننده تخلخل است و اگر دولومیت دوباره دولومیتی شود باز هم تخلخل نابود می‌گردد.

بنابراین تخلخل و تراوایی مرتبط به آن تحت تاثیر بسیار شدید عوامل دیاژنز است. تبدیل کلسیت به دولومیت موجب افزایش میزان شکنندگی سنگ می‌شود و این خاصیت تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی مولد تاقدیس‌ها، الگوها، شمار، شدت و گسترش شکستگی‌ها را در تمامی ابعاد یک تاقدیس کنترل می‌نماید. میدان‌های تنش علاوه بر شکستگی‌ها مولد استیلولیت‌ها می‌شوند که موجب عدم تداوم عمودی موئینگی در سنگ مخزن به حساب می‌آیند.

خواص محیط رسوبی اولیه، دیاژنز و شکستگی‌ها عوامل تغییرات خواص مخزن در سه جهت فضایی در یک مخزن نفتی بوده که نتیجه آن تقسیم مخزن به لایه‌ها و بخش‌هاست ولی حتی در یک لایه مخزنی سنگ‌های کربناتی تراوایی افقی و تراوایی عمودی متفاوت می‌باشد. معمولاً حرکت سیالات در یک لایه جریانی شعاعی و ممتد به طرف چاه است، حال اگر شکستگی‌ها به نظام اضافه شود از آنجا که شکستگی‌ها ممکن است چند لایه را قطع کرده باشند و در حالتی که موازی با چاه و یا مورب متمایل به عمودی نسبت به سطح طبقه عمل نموده و جریانی شدید و تیغه‌ای را وارد چاه می‌نمایند. تداخل این دو رژیم به جز اختلال در محاسبات مهندسی حاصلی نخواهد داشت. محاسبه مقدار نفت درجا در مخازن معمولاً با دو روش محاسبه از طریق حجم سنگ و دیگری از طریق محاسبه موازنه مواد است.

مثلاً در میدان مسجد سلیمان با روش اول ۶/۳ بیلیون و با روش دوم ۷ بیلیون بشکه مقدار نفت درجای اولیه به دست آمده است که علت این اختلاف شاید به علت به حساب نیاوردن حجم تخلخل شکستگی‌ها باشد و به عبارتی ساده‌تر هنوز محاسبه حجم تخلخل شکستگی‌های یک مخزن فاقد قانونمندی است. چنانچه اشاره شد موازنه مواد یکی از روش‌های محاسبه نفت درجا است که مقدار نفت تولید شده با افت سطح تماس گاز و نفت و بالا آمدن سطح تماس نفت و آب مورد موازنه قرار می‌گیرد ولی باید به خاطر داشت که تعیین سطح تماس سیالات یا به وسیله پتروفیزیک معین می‌گردد و یا با ابزار RFT و یا CMI، هر دو روش زمانی با جواب‌های قابل قبول همراه است که سنجش در زون دارای تخلخل و تراوایی صورت گرفته باشد. در صورت تخلخل و تراوایی صفر، سطوح سیالات نامطمئن و یا به عبارتی دیگر دچار اعوجاج می‌گردد و کشف واقعیت زمانی دشوارتر است که سطح نفت و آب دارای انحراف طبیعی نیز باشد.

یکی از ساز و کارهای مهم رانش نفت از آژند به چاه انبساط سنگ و سیال است، انبساط سنگ و یا ضریب‌تراکم سنگ تابعی از سنگ‌شناسی است. مسلماً ضریب انبساط آهک، آهک دولومیتی، دولومیت و دولومیت ماسه‌ای با هم تفاوت دارند ولی معمولاً این تفاوت نادیده انگاشته شده است. در مخازنی که به علت عمر طولانی تولید دچار افت فشار شده‌اند، انبساط سنگ می‌تواند ابعاد شکستگی‌ها را متاثر سازد و به طور کلی تراوایی آنها را کاهش دهد.

قابلیت ترشوندگی Wetability میل انتخابی سنگ به چسبیدن به یکی از سیالات نفت و یا آب در مخازن نفتی است. مطالعات نشان می‌دهند در اصل عامل این انتخاب ترکیب سنگ‌شناسی است و لی سنگ‌های کربناتی گاهی آب‌تر هستند و گاهی نفت‌تر و یا آنکه ترشوندگی در عمر مخزن ممکن است تغییر نماید ولی چند و چون کیفی و کمی این موضوع به خوبی روشن نیست هرچند در تولید ثانویه و یا بهینه‌سازی تولید از مخازن انتخاب سیال تزریقی بدون دانش کافی از خاصیت ترشوندگی ممکن است موجب ضررهای جبران ناپذیر گردد.

۱۲- شکستگی‌ها در سنگ‌های مخازن کربناتی

چنانچه قبلاً مورد اشاره قرار گرفت مطالعات شکستگی‌ها از سال ۱۹۵۸ در ایران آغاز گردید. این مطالعات درد و جنبه دینامیک که با فشار، حرارت، حجم، رژیم حرکت، تراوایی توان تولید و غیره سروکار دارد و دوم بررسی‌های استاتیک که شامل مطالعات زمین‌شناسی، زمین‌شناسی مهندسی و بالاخره مکانیک سنگ است. مطالعات دینامیک شکستگی‌ها با استفاده از جریان سنج‌ها PLT، تجزیه و تحلیل شاخص تولید و افزایش فشار در حین آزمایشات تولید و یا لایه آزمایی DST صورت می‌گیرد و با به کار گیری آنها می‌توان دریافت که حجم تولید تا حدی مرتبط با شکستگی‌ها است ولی طول، عرض و عمق شکستگی‌ها سئوالاتی است که باید به وسیله زمین‌شناسان به آن پاسخ داده شود که با مطالعات عکس‌های ماهواره‌ای عکس‌های هوایی برای مقیاس‌های کوچک و برداشت‌های مستقیم سطح الارضی و به کارگیری روش‌های آماری مانند فراکتال در مقیاس بزرگ صورت گرفته است.

مطالعات بزرگ مقیاس سطح‌الارضی کم عمق مانند برداشت در تونل‌ها و عمیق بر روی مغزه‌های سنگ‌های مخازن با روش‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی، SEM، XRD و CL انجام می‌شوند. مطالعات تحت الارضی کوچک مقیاس لرزه‌نگاری سه بعدی و روش SVSL است در عین حال استفاده از نمودارهای FMS و FMI برداشت‌های بزرگ مقیاس درون چاهی است که تماماً آزموده شده‌اند ولی متاسفانه تا کنون منجر به یک قانون مندی واحد نشده‌ایم.

۱۳- سوالات بنیانی:

هدف کلی این نوشتار پاسخ ممکن به سئوالاتی است که ذهن زمین شناسان ژئوفیزیکدان‌ها، مهندسین مخازن و پتروفیزیکدان‌های درگیر با اکتشاف مخازن کربناتی و یا زمین‌شناسی تولید نفت را به خود مشغول داشته است، می‌باشد و بعضی از این سئوالات به شرح ذیل است:

- در کجا رسوب کربناتی شکل می‌گیرند؟
- انواع مهم رخساره‌های کربناتی کدامند؟
- برای هر کدام از انواع رخساره‌ها، گسترش و انتشار آن چگونه بوده است؟ شکل هندسی و محیط رسوبی آن چگونه بوده است؟
- چگونه رخساره‌های کم عمق دریایی در زمان و مکان گسترده‌اند؟
- چه عوامل کنترل گسترش و کیفیت تخلخل و تراوایی رسوبات کربناتی را به عهده دارند؟
- در طی دوره تدفین چه اتفاقاتی برای رسوبات کربناتی می‌افتد؟
- چگونه دیاژنز بر کیفیت نهایی مخازن کربناتی اثر می‌گذارد؟
- آیا محیط‌های کربناتی قادر به تولید و حفظ مواد آلی هستند و آیا مواد آلی تولید شده به حدی خواهد بود که بتوانند به عنوان سنگ منشا نفت عمل کنند؟
- رفتار و عملکرد معمول و غیر معمول کربنات‌ها کدامند و آیا عملکرد کربنات‌ها قابل پیش‌بینی است؟

در هر صورت سئوالات فوق می‌بایستی قبل از حفاری برای اکتشاف مخزنی کربناتی پاسخ داده شوند و در صورتی که کشف قبلاً صورت گرفته باشد پاسخ به سئوالات فوق می‌تواند در پیش‌بینی رفتار مخزن موثر باشد. یکی از اهداف عمده این نوشتار آن است که نشان داده شود کربنات‌ها و نقش آنها تا چه حدی قابل پیش‌بینی است. البته این موضوع بستگی زیادی به قدرت تجزیه و تحلیل فرد و در درک سامانه‌های رسوبی کربناتی، تاریخچه تکوین آنها در ابعاد زمان و مکان و حساسیت کربنات‌ها نسبت تغییرات تخلخل در کنش‌های دیاژنزی است.

منابع و ماخذ:

Halbouty, M.T., Meyerhoff, A.A., King, R.E., Dott, R.H. Sr., Klemme, H.D., & Shabad, T., 1970, World's Giant Oil & Gas Fields, Geologic Factors Affecting Their Formation, & Basin Classification - Part 1, Giant Oil & Gas Fields, In: Halbouty, M.T. (Ed.), Geology of Giant Petroleum Fields, Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoir 14 p. 502-528

Ham, W.E. & Pray, L.C., 1962, Modem Concepts & Classification of Carbonate Rocks, in : Ham, W.E. (Ed.), Classification of, Carbonate Rocks - A Symposium, Am. Assoc. Petrol. Geologists Memoir 1 , p. 2-19.

Krebs, W. & MacQueen, R., 1984, Sequence of Diagenetic & Mineralization Events, Pine Point Leat - Zinc Property, Northwest Territories, Canada, Bull. Can: Petrol. Geology, v. 32, p. 434-464.

Pettijohn, F. J., 1975, Sedimentary Rocks, Harper & Row York, 628 pp.

Roehl, P.O. & Choquette, P.W., (Eds.), 1985, Carbonate Petroleum Reservoirs, Springer- Verlag, Heidelberg, 471 pp.

Wilson , J. L. , 1975 , Carbonate Facies in Geologic History, Springer - Verlag, Heidelberg, 471 pp.

-1980 A, Limestone & Dolomite Reservoirs, IN : Hobson, G.D. (Ed.) , Developments in Petroleum Geology 2, Applied Science Publishers Ltd., London, p. 1-51.

-1980 B, A Review of Carbonate Reservoirs, IN: Miall, A.D. (Ed.), Facts & Principles of World Petroleum Occurrences, Can. Soc. Petrol. Geologists Memoir 6, p. 95-119.