

استفاده از مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم بر روی تراشه‌های حفاری چاه گورپی شماره ۱ در دزفول شمالی به منظور تطابق چینه‌ای در مقیاس جهانی

پژوهش‌نفت

سال هفدهم
شماره ۲-۵۶
صفحه ۱۱۴-۱۰۶، ۱۳۸۶

نصراله افتخاری* و محمدرضا کمالی

پژوهشگاه صنعت نفت، مرکز مطالعات اکتشاف و تولید

effekharin@ripi.ir

مقدمه

پیش از این تحقیقات جامعی توسط مک آرتور^۱ و همکاران وی در رابطه با استفاده از ایزوتوپ استرانسیوم برای استراتی‌گرافی و سن دقیق رسوبات دریایی زمان فانروزوئیک^۲ انجام گرفته است [۱]. هدف از این مطالعه نیز اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپ‌های $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در نمونه‌های چاه گورپی شماره ۱ واقع در دزفول شمالی (حوضه زاگرس) به منظور دستیابی به روند تغییرات سطح آب دریا در ادوار مختلف زمین‌شناسی و تعیین سن دقیق سنگ‌های رسوبی نهشته شده در حوضه دزفول فروافتاده می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی

مختصات و موقعیت جغرافیایی این چاه به صورت زیر می‌باشد (شکل ۱).

شرقی: ۱،۸۹۴،۰۳۹ شمالی: ۱،۱۷۶،۵۱۸

ارتفاع: ۶۵۳،۲ متر عمق نهایی: ۴۱۸۵ متر

این چاه در شرق شهرستان دزفول قرار دارد و تعداد ۱۵۸ نمونه از گروه بنگستان (کرتاسه بالایی) تا سازند آدیان (ژوراسیک پایینی) مورد بررسی ایزوتوپی قرار گرفته است.

1. Mc Arthur
2. Phanerozoic

چکیده

تغییرات نسبت ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در اقیانوس‌ها محسوس نیست. زیرا این نسبت به آرامی در میلیون‌ها سال تغییر می‌کند. استرانسیوم در پوسته آهکی جانوران دریایی وجود دارد. نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ اقیانوس‌ها در زمان‌های زمین‌شناسی گذشته را می‌توان در پوسته جانوران آن زمان برآورد کرد. سنگ‌های رسوبی، دارای تجمعی از فسیل‌های حاوی پوسته آهکی جانوران هستند. از اندازه‌گیری‌های نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ می‌توان به جواب‌های مشابهی رسید که دیگر روش‌ها به منظور ارتباط سازی سنی به کار می‌برند. همچنین استفاده از این روش بسیار دقیق، زمین‌شناسان، فسیل‌شناسان، اقیانوس‌شناسان، و ژئوشیمیست‌ها را قادر ساخته است که به پاسخ خیلی از سوالات و ابهامات دست یابند. در مطالعه حاضر تعداد ۱۵۸ نمونه (کرتاسه بالایی تا ژوراسیک پایینی) از چاه گورپی شماره ۱ واقع در شرق حوضه دزفول مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت توزیع نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ نمونه‌های مورد تحقیق با توزیع جهانی مقایسه شد.

واژه‌های کلیدی: ایزوتوپ استرانسیوم، گورپی، تطابق جهانی، دزفول، تراشه



شکل ۱- موقعیت چاه گوری ۱ در نقشه مناطق نفت خیز خوزستان

می‌باشد، از طرفی طول زمان چرخش آب اقیانوس‌ها حدوداً هر ۱۰۰۰ سال یک‌بار می‌باشد [۳].

بیشترین مقدار ایزوتوپ استرانسیوم در اقیانوس‌های قدیم در ساختمان کانی‌های کلسیم‌دار نظیر کلسیت، آراگونیت و آپاتیت می‌باشد. همچنین تحقیقات جامع نشان داده است که به‌صورت سیستماتیک نسبت ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ از ۵۴۵ میلیون سال گذشته در آب دریاها بین ۰/۷۰۹۲ تا ۰/۷۰۶۸ در نوسان بوده است [۴-۷]. این نوسان منحنی آب دریا در طول فائروزوئیک به‌علت تغییرات به‌وجود آمده در منشأ ترکیبات ایزوتوپیک استرانسیوم حمل شده به محیط دریایی می‌باشد.

در اکتشاف نفت، روش ایزوتوپ استرانسیوم روش مهمی برای تشخیص سن و مشخص کردن ساختمان‌های تکراری در اثر پدیده تکتونیک می‌باشد.

روش آنالیز نمونه‌ها

نمونه‌های انتخاب شده از چاه گوری شماره ۱ در آزمایشگاه ایزوتوپی رادیوژنیک دانشگاه کوئینزلند استرالیا مورد آزمایش و بررسی قرار گرفتند. توصیف کامل تجهیزات آزمایشگاهی ایزوتوپی رادیوژنیک، در نوشتار دیگری

استفاده از ایزوتوپ‌های استرانسیوم در چینه‌نگاری

نسبت ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در آب اقیانوس‌ها در نتیجه فعل و انفعال داخلی و وارد شدن استرانسیوم از منشأهای مختلف می‌باشد. اساساً منشأ استرانسیوم از منابع زیر است:

الف- استرانسیوم در نتیجه هوا زدگی و فرسودگی کوه‌ها توسط رودخانه و یا وزش باد و گرد و خاک انتقال پیدا می‌کند و نهایتاً در اقیانوس‌ها سرازیر می‌شود.

ب- منشأ دیگر استرانسیوم از جبهه است که توسط فعل و انفعالات هیدروترمال درونی و بازالت کمربندهای اقیانوسی به آب دریاها منتقل می‌شود.

نسبت استرانسیوم $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ منشأ گرفته از قاره‌ها، ۰/۷۱۱۹ می‌باشد و منشأ رادیوژنیک دارد (میانگین ترکیبات ایزوتوپی در جابه‌جایی رسوبات رودخانه‌ای) [۲]. در صورتی که استرانسیومی که از جبهه و از طریق کمربندهای اقیانوسی وارد آب دریاها می‌شود ترکیبات غیر رادیوژنیک دارد و نسبت آن ۰/۷۰۳ می‌باشد.

نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در دریا‌های عهد حاضر و در دریا‌های قدیم به‌صورت همگن در مقیاس جهانی بوده است و مدت زمان ماندگاری آن در آب دریا ۲/۵ تا ۴ میلیون سال

دمای ۱۲۰ درجه به مدت ۳ تا ۴ ساعت خشک شود. بدین ترتیب رسوب سفید رنگی به صورت باقیمانده تشکیل می‌شود، سپس به آن رسوب، ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ نرمال اضافه کرده و پس از گذشت ۲ تا ۳ ساعت، نمونه بر روی هیتر خشک می‌شود. در ادامه به رسوب باقیمانده مجدداً ۳ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱ نرمال اضافه کرده و بعد از ۳ ساعت ۱ میلی‌لیتر نمونه را برداشته و مستقیماً وارد ستون رزین تبادل یونی می‌شود و در این مرحله استرانسیم آخرین مرحله آماده‌سازی خود را طی کرده و استحصال می‌شود.

طیف سنجی جرمی

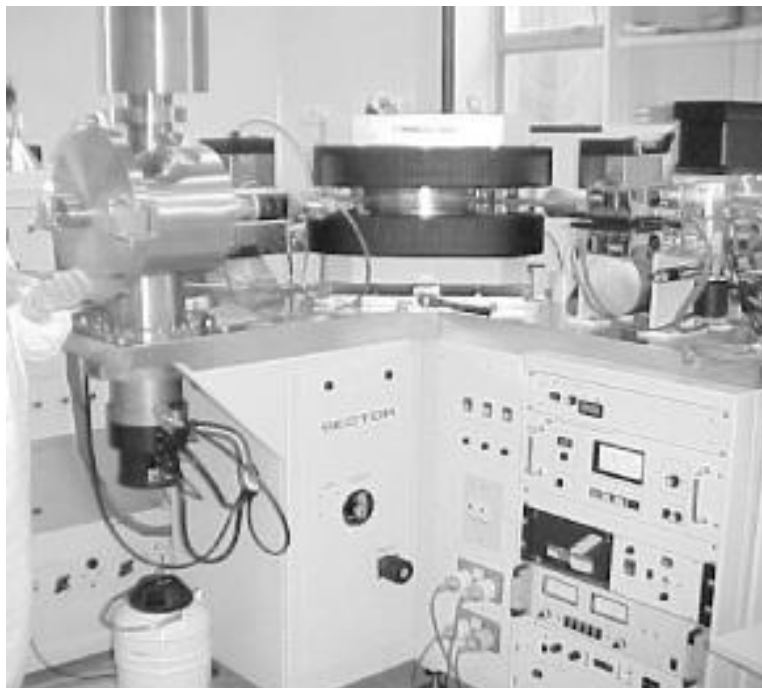
استرانسیم به دست آمده را با قطره‌ای اسید فسفریک مخلوط کرده و با میکروپیپت، قطره‌ای از مخلوط را روی فیلامنت فلز تانتالیم قرار داده و فیلامنت را توسط جریان الکتریکی حرارت می‌دهیم، پس از ۵ ثانیه زمان گداختگی، حرارت را قطع کرده و تا اکسید تانتالیم تولید شود که سبب افزایش یونیزه شدن نمونه نیز می‌شود و در آخر نسبت‌های ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ توسط اسپکترومتری جرمی اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۲) که نتایج در جدول ۲ آمده است.

صورت گرفته است [۴].

ابتدا هر نمونه در زیر میکروسکوپ بر اساس روش کار موجود جداسازی و انتخاب می‌شود، این روش کار، به صورت زیر اولویت‌بندی می‌شود:

۱- قطعات فرآمینفر و خرده ملوسک، ۲- آهک‌های گچی سفید تا قهوه‌ای خاکستری روشن و نرم، ۳- آهک‌های خاکستری تیره تا قهوه‌ای خاکستری تیره سخت، ۴- آهک‌های شیلی، ۵- آهک دولومیتی، ۶- دولومیت، ۷- ماسه سنگ آهکی، ۸- شیل، ۹- انیدرید (جدول ۱، مشخصات هر نمونه و جداسازی دستی و انتخاب بر اساس روش کار بالا را نشان می‌دهد).

پس از اولویت‌بندی، نمونه‌ها در آزمایشگاه، طی روشی، دور از هرگونه آلودگی، ابتدا با آب مقطر و حمام التراسونیک، ناخالصی‌های سطحی حذف و سپس نمونه پودر می‌شود. در ادامه مقدار ۵۰ میلی‌گرم از نمونه انتخاب شده و به آن ۴ میلی‌لیتر اسیداستیک ۱ نرمال اضافه می‌شود، پس از گذشت ۸ ساعت که فعل و انفعال کاملاً انجام شد، نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۲۰۰۰ قرار می‌گیرد. آنگاه پس از انتقال ۳ میلی‌لیتر از مایع رویی توسط پیپت بر روی هیتر فرصت داده می‌شود تا در



شکل ۲- دستگاه اسپکترومتری جرمی برای محاسبه نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

جدول ۱- مشخصات تعدادی نمونه منتخب از چاه شماره ۱ گورپی

Lab No	Formation	Age	Lithology	Depth (ft)	Sample Selected
GU-1	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, shaly	3264	2,8
GU-2	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, shaly	3295-32300	3,8
GU-3	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, shaly	3325-3330	3,8
GU-4	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3360	3,8
GU-4B	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3370	2,3,8
GU-5	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3380	3
GU-6	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3390-3400	2,3
GU-7	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3405-3410	3
GU-8	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3420-3430	3
GU-9	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3430	3
GU-10	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3440	3
GU-11	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3460	3
GU-12	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3490	2,3
GU-13	Bangestan	Upper Cretaceous	ls	3520	3
GU-14	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, shaly, dolomitic	3550	3,8
GU-15	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3580-3585	3,6,8
GU-16	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3610-3615	3,6
GU-17	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3640-3645	3,6,8
GU-18	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3670-3675	6
GU-19	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3704	6,8
GU-20	Bangestan	Upper Cretaceous	ls, dolomitic	3730-3735	3,6,4
GU-21	Bangestan	Upper Cretaceous	shaly ls, dolomitic	3770-3775	3,4
GU-22	Bangestan	Upper Cretaceous	shaly ls, dolomitic	3800	6
GU-23	Bangestan	Upper Cretaceous	shaly ls,	3830	6,8
GU-24	Bangestan	Upper Cretaceous	shaly ls,	3864	2,8
GU-25	Bangestan	Upper Cretaceous	shaly ls,	3890	2,8
GU-26	Top Garau (3900')	Lower Cretaceous	shaly ls	3950	2,4,6
GU-27	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	3975-3980	3,4,8
GU-28	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4010	4,8
GU-29	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4040-4045	3,4,8
GU-30	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4070-4075	4,8
GU-31	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4095-4100	3,4,8
GU-32	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4100-4135	4
GU-33	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4160	3,4,8
GU-34	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4190-4195	4
GU-35	Garau	Lower Cretaceous	ls, shaly	4220-4225	4
GU-36	Garau	Lower Cretaceous	ls, shaly	4250-4255	4,8
GU-37	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4280-4285	4
GU-38	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4310-4315	4,8
GU-39	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4346-4350	4
GU-40	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4370-4375	4,8
GU-41	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4400-4405	4
GU-42	Garau	Lower Cretaceous	Calcareous shale	4430-4435	4
GU-43	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4470-4475	8
GU-44	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4500-4505	4,8
GU-45	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4530-4535	4,8
GU-46	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4560-4565	4,8
GU-47	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4590-4595	4,8
GU-48	Garau	Lower Cretaceous	shale, very calcareous	4630-4635	4,8
GU-49	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4665-4670	4,8
GU-50	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4690-4695	4,8
GU-51	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4720-4725	4
GU-52	Garau	Lower Cretaceous	shaly ls	4755-4760	4
GU-53	Top Gotnia (4780')	Upper Jurassic	Anhydrite	4780-4785	4,9
GU-54	Gotnia	Upper Jurassic	Anhydrite	4830-4835	5,9
GU-55	Gotnia	Upper Jurassic	ls	4890-4895	5,9
GU-56	Gotnia	Upper Jurassic	ls	4910-4915	5,9
GU-57	Gotnia	Upper Jurassic	Dolomitic ls	4930-4935	5,9
GU-58	Gotnia	Upper Jurassic	Dolomitic ls	4960-4965	5,9

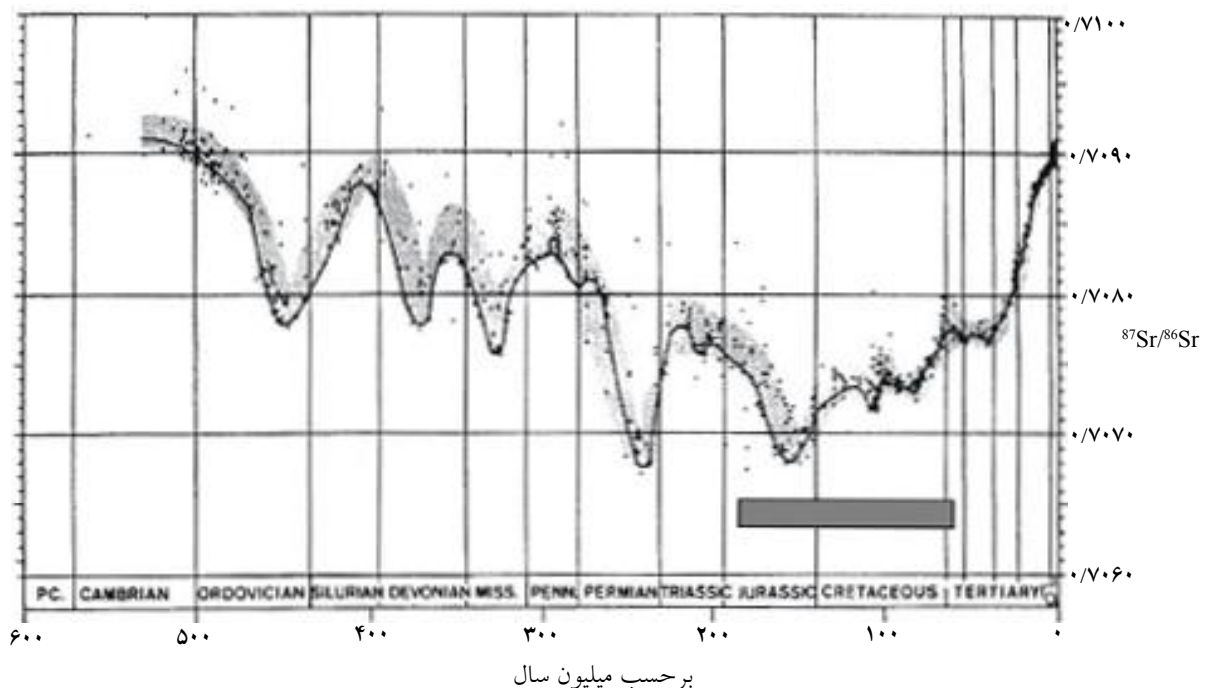
نتایج داده‌های نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در جدول ۲، حاکی از آن است که کار با دقت فراوان انجام گرفته و نتایج آن روی منحنی جهانی کاملاً رضایت بخش می‌باشد. برای مثال نسبت ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در نمونه ۱ چاه گورپی شماره ۱ (کرتاسه بالایی) برابر است با 0.7081 و همین نسبت در نمونه شماره ۱۵۴ همین چاه (ژوراسیک پائینی) برابر است با 0.7071 که نشان دهنده روند صحیح در منحنی جهانی می‌باشد.

داده‌های ایزوتوپی برای مقاطع ژوراسیک در چاه‌های شماره ۱ گورپی (دزفول شمالی) و چاه SPD-2-04 در پارس جنوبی (خلیج فارس) در کل یکسان می‌باشد (شکل ۵). تغییرات جزئی در مقادیر ایزوتوپی در مجموعه داده‌های انفرادی ممکن است به علت تأیید فرایندهای دیاژنیسیکی باشد. تغییرات نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در آب دریا با طول زمان توسط تجزیه ایزوتوپی کربنات‌ها، فسفات‌ها و تبخیری‌های محیط دریایی نمونه‌های موجود تعیین و بررسی شده است. برای به‌دست آوردن سن نسبی نمونه‌های کربناته و فسفات و تبخیری‌ها با سن نامعلوم، ابتدا میزان نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در آنها تعیین شده و سپس موقعیت آنها نسبت به منحنی استرانسیوم آب دریا سنجیده

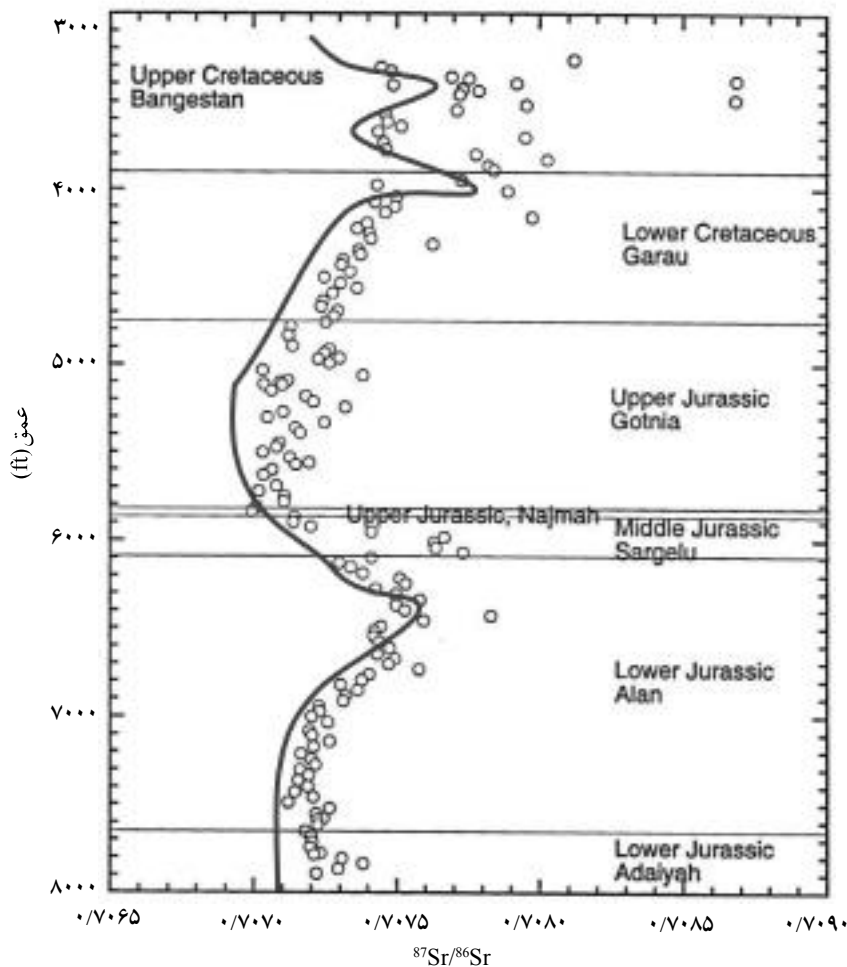
میانگین دقت برای اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ به‌صورت منفرد در این مطالعه کمتر از $0.00008 \pm$ است. در این مطالعه از استانداردهای رایج SRM NBS-987 با نسبت ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ برابر 0.710249 و EN-1 با نسبت ایزوتوپی $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ برابر 0.709177 استفاده شد.

بحث و نتیجه گیری

تعداد ۱۵۸ نمونه از خرده‌های حفاری چاه گورپی ۱، مورد آزمایش ایزوتوپی قرار گرفتند. با توجه به اینکه اکثر چاه‌های حفاری شده، نمونه مغزه ندارند و یا نمونه مغزه از زون‌های خاصی برداشت شده است، لذا به ناچار از نمونه‌های خرده‌های حفاری استفاده شد که وقت زیادی برای خالص سازی نمونه‌های نماینده هر لایه صرف شد. با این وصف و با توجه به نمونه‌های خرده‌های حفاری، اگر مقایسه‌ای بین منحنی تکاملی نسبت ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ دریا‌های فانروزوئیک (شکل ۳)، که از نمودار بورکه^۱ و همکاران [۲] اقتباس شده که منحنی به‌دست آمده از اینتروال کرتاسه و ژوراسیک چاه گورپی شماره ۱ (شکل ۴) انجام شود، بیانگر تطابق بسیار خوب و مطابق منحنی جهانی می‌باشد.



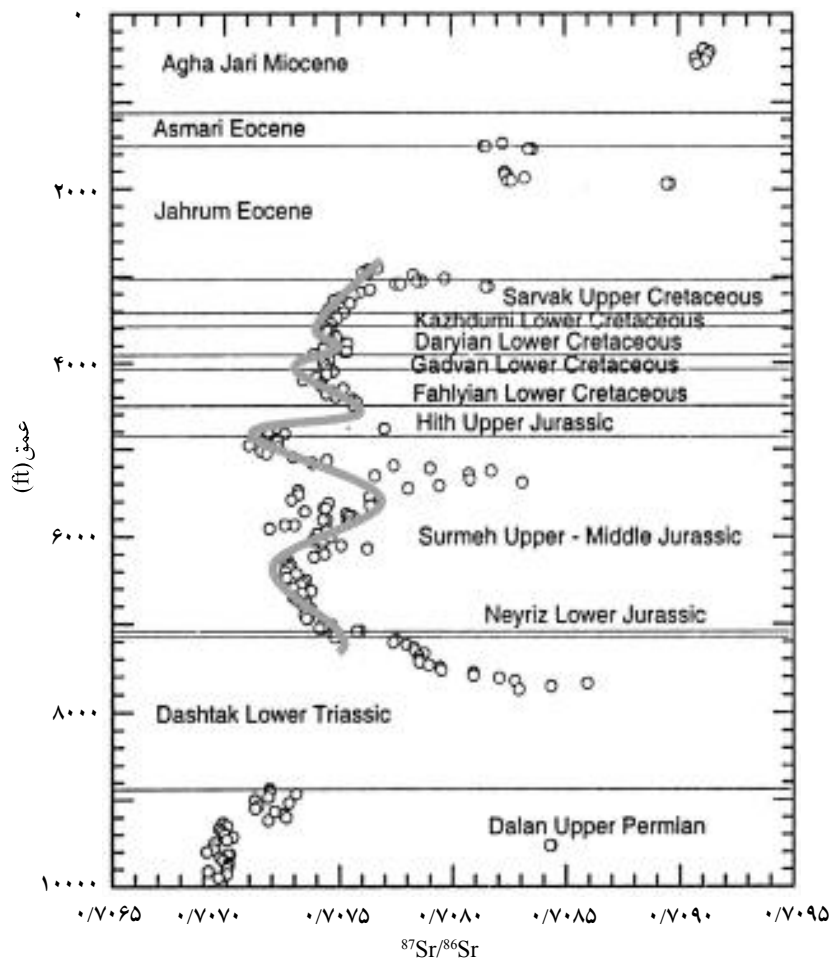
شکل ۳- نسبت تکاملی ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ آب دریا در زمان فانروزوئیک



شکل ۴- عمق در مقابل نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ برای نمونه‌های چاه شماره ۱ گورپی

داده است که آب اقیانوس‌های عهد حاضر از نظر ترکیب ایزوتوپی استرانسیوم همگن می‌باشد. این موضوع به علت این است که مدت اقامت استرانسیوم در آب اقیانوس زیاد می‌باشد (۴ میلیون سال)، درحالی‌که چرخه آب اقیانوس به‌طور کامل در حدود ۱۰۰۰ سال می‌باشد، در نتیجه در مدت اقامت استرانسیوم در آب دریا، آب اقیانوس در حدود ۴۰۰۰ بار مخلوط و در نتیجه همگنی به‌وجود آمده است. با وجود اینکه پراکندگی نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در عهد حاضر همگن است ولی این نسبت در طول تاریخ زمین شناسی تغییر کرده است، علت این تغییرات ورود استرانسیوم از منابع مختلف به آب دریا می‌باشد. منحنی ایزوتوپی استرانسیوم آب اقیانوس‌های ادوار مختلف زمین شناسی می‌تواند به‌عنوان یک وسیله تعیین سن نسبی مورد استفاده قرارگیرد. این کار با آنالیز ایزوتوپی نمونه‌ها که در محیط دریایی تشکیل شده‌اند، امکان پذیر است. با تعیین

می‌شود. با تعیین نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ در آب دریا‌های ادوار زمین شناسی و نیز تعیین این نسبت در رسوبات دریایی می‌توان از این نسبت‌ها در تطابق رسوبات و تعیین سن نسبی آن‌ها استفاده کرد. بنابراین هنگامی‌که فسیل‌های شاخص وجود ندارند، عملاً روش فسیل‌شناسی غیرقابل استفاده می‌باشد. در این هنگام روش استرانسیوم کاربردی‌ترین روش محسوب می‌شود و به‌همین دلیل این روش یکی از روش‌های متداول امروزی است. منابع مختلف عنصر استرانسیوم، در تعیین ترکیب ایزوتوپی آب دریا تأثیر فراوان دارند، به‌عنوان مثال سنگ‌های پوخته قاره‌ای باعث افزایش نسبت استرانسیوم ۸۷ در آب دریا می‌شوند درحالی‌که ولکانیک و بازالت‌های کف اقیانوس باعث افزایش استرانسیوم ۸۶ و تغییر ترکیب ایزوتوپی استرانسیوم در آب دریا می‌شوند. اندازه‌گیری‌های ایزوتوپی استرانسیوم در آب اقیانوس‌های امروزی نشان



شکل ۵- عمق در مقابل نسبت $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ برای نمونه‌های چاه SPD-2-04

(شکل ۴) بیان‌گر تطابق بسیار خوب می‌باشد، نتایج داده‌های این نسبت در جدول ۲، حاکی از درستی آن روی منحنی جهانی می‌باشد.

۲- داده‌های ایزوتوپ برای مقاطع ژوراسیک در چاه‌های شماره ۱ گورپی در شکل ۴ (دزفول شمالی) و چاه SPD-2-04 در پارس جنوبی شکل ۵ (خلیج فارس) در کل یکسان می‌باشد.

موقعیت آنالیز انجام شده بر روی منحنی استرانسیوم آب دریا، می‌توان به سن نسبی رسوبات پی‌برد.

نتیجه‌گیری کلی:

۱- مقایسه بین منحنی تکاملی نسبت ایزوتوپ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ دریا‌های فانروزوئیک (شکل ۳) و منحنی به‌دست آمده از اینتروال کرتاسه تا ژوراسیک چاه شماره ۱ گورپی

منابع

- [1] Mc Arthur J., Howarth R.J. & Baily T.R., Strontium Isotope Stratigraphy: LOWESS Version 3: Best Fit to the Marine Sr-isotope Curve for 0-509 Ma and Accompanying Look-up Table for Deriving Numerical Age, 2001
- [2] Burke W.H., Denison E.A., Heatherington R.B., Koepnick, Nelson H.F. & Otto J.B., "Variation of seawater $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time", *Geology*, Vol. 10, pp. 516-519, 1982.
- [3] Broecker W.S. & Peng T.H., *Tracers in the Sea*, Eligio Press, 1982.
- [4] Collerson K.D., "Developments in radiogenic isotope geochemistry at the university of Queensland: Geochronological and geochemical applications", In: Johnson R.W. & King C.R. Ed, Queensland: The State of Science Proceedings, Brisbane, 15-16 July 1994, 305-337, R Soc Queensl, 1995.
- [5] Howarth R.J. & Mc Arthur J.M., "Statistics for strontium isotope stratigraphy: A robust LOWWESS fit to the marine Sr-isotope curve for 0 to 206 Ma, with look-up table for derivation of numeric age", *Journal of Geology*, Vol. 105, pp. 441-456, 1995.
- [6] Palmer M.R. & Edmond J.M., "The strontium isotope budget of the modern ocean", *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 92, pp. 11-26, 1989.
- [7] Veizer J., "Strontium isotope in seawater through time", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol. 17, pp. 141-167, 1989.