کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار در سیستم‌های رسوبی

محمد حسین محمودی قرائی

دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده: استفاده از ایزوتوپ های پایدار در علوم مختلف توسعه زیادی پیدا کرده است. از جمله این موارد می توان به گرایش های مختلف علوم زمین اشاره کرد. مطالعه ایزوتوپ های پایدار در سیستم های رسوبی اشاره به شرایط مختلف رسوبی در محیط های دریائی و قاره ای و همچنین شرایط پس از رسوب گذاری از جمله دیاژنز دارد. آنچه مسلم است در همه این موارد وجود محلول های دربردارنده ترکیبات ایزوتوپی مختلف بر ترکیب ایزوتوپی رسوبات اثر می گذارد. این محلول می تواند آب دریا در حوضه رسوبی دریائی، آب منفذی در شرایط تدفین رسوبات و دیاژنز دفنی، و یا آب های متئوریک در شرایط قاره ای باشد. همه فرایندهای اثرگذار بر ترکیب ایزوتوپی رسوبات تحت عنوان کلی رابطه متقابل آب و سنگ یا به عبارت بهتر "برهم کنش آب وکانی" (Water-Mineral interaction) تعریف می شوند. این برهم کنش شامل هوازدگی، انحلال و همچنین تشکیل کانی های راسب شده از آب می باشد. بدیهی است که این برهم کنش شامل فرایند های بیوژنیک از قبیل تشکیل پوسته های فسیلی یا راسب شدن رسوبات تحت تاثیر فعالیت های میکروبی نیز می گردد. از دیگر عوامل تاثیر گذار برترکیب ایزوتوپی رسوبات می توان به شرایط اقلیمی (میزان بارش های جوی و میزان تبخیر)، تغییرات سطح آب دریا، فعالیت های ولکانیک در حوضه رسوبی، میزان اکسیژن محلول درآب، فشار CO_2 موجود در محیط و همچنین سیمانی شدن رسوبات اشاره نمود. محیط های رسوبی به طور کلی به دو دسته محیط های دریائی و قاره ای تقسیم شده و رسوبات تشکیل شده در هر یک می تواند به طرق مختلف تحت تاثیر تغییر ایزوتوپی واقع گردند. به عنوان مثال رسوبات شیمیائی و بیوشیمیائی تشکیل شده در محیط دریای باز متاثر از ترکیب ایزوتوپی آب دریا است در حالی که رسوبات تشکیل شده در یک دریاچه آب شیرین عمدتا متاثر از ترکیب ایزوتوپی آب های متئوریک است و همچنین رسوبات تشکیل شده در یک حوضه بسته تبخیری متاثر از ترکیب ایزوتوپی شورابه (brine) است. سه محیط فوق دارای نسبت های ایزوتوپی کاملا متفاوت و مختص به خود هستند. تشکیل سیمان های رسوبی در شرایط دیاژنتیک مختلف از قبیل سیمان دریایی، سیمان دفنی و سیمان متئوریک نیز دارای نسبت های ایزوتوپی ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) متفاوت هستند که از طریق مطالعه آن می توان به شرایط دیاژنز پی برد. از دیگر موارد مرتبط با شرایط فوق می توان به تشکیل کانسارهای رسوبی اشاره کرد. برخی از کانسارهای رسوبی حاصل رسوبگذاری مستقیم و تمرکز عناصر از طریق شیمیائی و بیوشیمیائی در محیط دریائی است که از آن جمله می توان به ندول های آهن و منگنز در آب های نسبتا عمیق و یا نهشته های آیرون استون در دوره هائی از فانروزوئیک و همچنین کانسار آهن نوع BIF در پروتروزوئیک یا نئوپروتروزوئیک اشاره کرد. در همه موارد فوق می توان از داده های ایزوتوپی اکسیژن($\delta^{18}O$) جهت تعیین دمای تشکیل استفاده کرد. مطالعه ایزوتوپی آهن ($\delta^{56}Fe$) نیز می تواند به تشخیص شرایط تشکیل کانسار بخصوص در رابطه با سطح اکسیژن (Redox State) کمک نماید. برخی دیگر از کانسارهای رسوبی تحت تاثیر شرایط پس از رسوب گذاری یا اعمال فرایندهای دیاژنتیک تشکیل می شوند که از آن جمله می توان به عناصر پایه (Pb, Zn, Cu) با میزبانی سنگ های کربناته اشاره نمود که محلول های ثانویه نقش بسزائی درتمرکز عناصر در لایه های رسوبی دارند. در این مورد نیز ترکیب ایزوپی محلول (سیال) تاثیر قابل توجهی بر سنگ رسوبی میزبان داشته و خود میتواند شاخصی برای تعیین منشاء کانسار به حساب آید. از دیگر کاربرد ایزوتوپ های پایدار در سیستم های رسوبی میتوان به مطالعه تغییرات اقلیمی مثلا در طی هولوسن اشاره کرد که امروزه از اهمیت زیادی برای تعیین الگوها و پیش بینی چرخه های آب هوائی برخوردار است. همچنین می توان از داده های ایزوتوپی برای تفسیر محیط دیرینه کمک گرفت. به عنوان مثال وجود پالئوسول (Paleosol) در یک توالی رسوبی نه تنها به خروج از آب رسوبات در یک بازه زمانی کوتاه دلالت مینماید، بلکه به شرایط آب و هوائی خاصی اشاره دارد که به ایجاد و گسترش افق خاک دیرینه بعنوان یک لایه کلیدی منجر شده است. برای تعیین خاک های دیرینه علاوه بر شواهد رسوبی از اندیس های ایزوتوپی ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) نیز کمک گرفته می شود. نسبت ایزوتوپی استرانسیوم ($^{87}Sr/^{86}Sr$) نیز از اندیس های ژئوشیمیائی است که در تفسیر محیط رسوبی قدیمه بکار میرود. افزایش این نسبت در رسوبات کربناته دریایی دلیلی بر افزایش هوازدگی شیمیائی و وجود شرایط آب و هوائی گرم و مرطوب در محیط قاره ایست در حالی که کاهش این نسبت، بر افزایش فعالیت های ولکانیک و هیدرو ترمال در محیط دریایی دلالت می نماید. از سایر ایزوتوپ های پایدار قابل استفاده در مطالعات رسوب شناسی می توان به ایزوتوپ های سولفور($\delta^{132}S$)، اسمیوم ($^{187}Os/^{188}Os$)، نیتروژن ($\delta^{15}N$) و حتی ایزو توپ های کلسیم ($\delta^{44}Ca$) و منیزیم ($\delta^{26}Mg$) اشاره نمود.