

سیلیس رسوبی و سیلیسی شدن سنگهای رسوبی

نوشته :

مهندس کریم یوسفی

معلم دانشکده فنی

مقدمه

یکی از اشکالاتیکه زمین شناسی و بخصوص رسوب شناسان^۲ با آن مواجه میباشند توضیح چگونگی رسوب سیلیس SiO_2 در محیط هیدروسفر است. بررسی های سالهای اخیر نشان داد که نظرها و آزمایشهاییکه باتکاء آنها این پدیده طبیعی تاکنون بیان میشد بهیچوجه صحیح نبوده است، بطوریکه نتایج حاصل از تحقیقات جدید، نظر زمین شناسان را در این زمینه کاملاً عوض نموده است. در این مقاله چگونگی این تحول مختصراً بررسی میگردد.

موقعیت سیلیس از نظر مواد مشکله پوسته زمین^۳

سیلیسیم (Si) مهمترین عنصر الکتروپوزیتیوی است که در ترکیب قشر جامد زمین شرکت مینماید. بنابر تجزیه نمونه های بسیار از سنگهای پوسته زمین تا عمق ۱ کیلومتر و محاسبات آماری معلوم گردیده که این عنصر $7/27\%$ ترکیب عنصری و بصورت (SiO_2) $18/60\%$ ترکیب اکسیدی قشر جامد زمین را شامل میشود. نسبت های بالا، اهمیت و نقش این ماده را در مسائل زمین شناسی، کانی شناسی و ژئوشیمی نمایان میسازد.

سیلیس را در طبیعت از جنبه های متفاوت می توان مورد توجه و بررسی قرار داد:

۱- از نظر نقش آن در ترکیب مواد آذرین^۴ و سنگهای آذرین و تأثیر آن بر سنگهای همجوار این مواد.

۲- از نظر سنگهای رسوبی و نقشی که در محیط هیدروسفر دارا میباشد.

۳- Croûte terrestre

۲- Sedimentologie

۱- Silicification

۴- Magma

در اینجا بدون آنکه در قسمت اول که خود بحث مفصلی است وارد شویم منحصراً نقش سیلیس را در محیط هیدروسفر و سنگهای رسوبی و تحولاتی را که در نتیجه تحقیقات جدید در زمینه شناسائی سیلیس رسوبی و نقش آن در مسائل زمین شناسی حاصل شده است بررسی مینمائیم .

سیلیس بصورت رسوب شیمیائی و بیوشیمیائی در سنگهای رسوبی ، از سریهای بسیار قدیم تا سریهای جدید ، با اشکال مختلف مشاهده میشود . این رسوبات از قدیم مورد توجه و بحث زمین شناسان بوده است . اشکال عمده سیلیس رسوبی ، صرف نظر از رسوبات سیلیس آواری^۱ و بیوشیمیائی عبارتند از : لایه های سیلیسی کم و بیش ضخیم و ممتد ، رگه های وعدسیهای سیلیسی ، عارضه های قلوهای شکل سیلیسی ، اشکال متاسوماتوز و پسودو مرفوز^۲ سیلیس ، بلورها و ذرات ریز و پراکنده سیلیس در رسوبات و بالاخره سیمانهای سیلیسی در سنگهای آواری .

— از نظر مولکولی و تبلور، سیلیس بدو شکل در تشکیل کانیهای رسوبی شرکت می نماید:
۱- کانی منحصراً از اجتماع چهار وجهی هائی^۳ که در مرکز آن Si و در چهار رأس آن اکسیژن قرار دارد تشکیل شده است اگر در این تجمع نظم و آرایش خاصی وجود داشته باشد اشکال متبلور کانیهای سیلیسی مانند کوارتز - کوارتزین - کالسدونیت و لوتسیت بوجود می آید . چنانچه چهار وجهی ها بشکل درهم و بدون هیچگونه نظمی مجتمع شوند رسوب سیلیسی بی شکل^۴ و غیرمتبلور حاصل میشود . تحقیقات جدید ، بخصوص بررسی های با اشعه ایکس نشان داده است که بخلاف آنچه تصور میشود اوپال کانی کاملاً بی شکل و غیرمتبلور سیلیس نیست . اوپال از نظر شبکه متبلور وضع خاصی در بین اشکال متبلور و غیرمتبلور سیلیس نمایان میسازد . آرایش چهار وجهی ها در اوپال رشد و تکامل کافی نیافته و همین عدم انتظام کامل باعث میشود که مقداری مولکول آب و یونهای خارجی در بین شبکه متبلور قرار گرفته و مانع رشد کامل بلوری شود . بررسی های با اشعه مجهول شبکه متبلوری شبیه به شبکه متبلور کریستربالیت برای اوپال نمایان ساخته است . ولی بعلا اینکه این تبلور رشد و انتظام کافی نیافته و قطر دانه های بلورین آن از . . . ۱ . آنگستریم تجاوز نمیکند در دستگاههای معمولی مانند میکروسکپ پلاریزان اوپال آسرف^۴ یا غیرمتبلور بنظر میرسد .

۲- سیلیس در ترکیب یک سری از کانیهای رسوبی بشکل ترکیب بایونهای دیگر نیز شرکت می نماید و از آن کانیهای رسوبی و خودزای^۵ سیلیکاتها نتیجه میشود . این قسمت نیز خارج از بحث این مقاله می باشد .

رسوب سیلیس در محیط هیدروسفر

تا چند سال قبل اطلاعات زمین شناسان در مورد سیلیس و طرز رسوب آن مختصر و مبهم بود و

Tetraédre -۳

Pseudomorphose و Métasomatose -۲

Détritique -۱

Authigène -۵

Amorphe -۴

توضیحاتیکه در زمینه رسوب سیلیس داده میشد قانع کننده نبود و نمی توانست تمام مسائل مربوط بانرا روشن نماید، تا اینکه از سالهای ۱۹۴۰ بتدریج تحقیقات جدی و پیگیر در زمینه مطالعات شیمیائی رسوبات در محیط هیدروسفر وهم چنین بررسی های اقیانوس شناسی^۱ از جنبه های مختلف، بخصوص از نظر نوع رسوباتی که در زمان حاضر در اعماق مختلف گذارده میشوند، اطلاعات ذیقیمتی در اختیار دانشمندان قرار داد. برطبق این اطلاعات بود که بتدریج نظریه ها مربوط به نقش SiO_2 در قسمت سطحی زمین و طرز رسوب آن بکلی دگرگون گردید.

تا چند سال پیش اعتقاد براین بود که سیلیس حاصل از تجزیه و دگرسانی سنگهای سطحی خشکیها در محیط هیدروسفر بحالت محلول کلوئیدی در آمده و راسب میشود، و بر مبنای این نظر که از یک سری آزمایش های ابتدائی حاصل شده بود مسائل مربوط به رسوب سیلیس را توجیه می نمودند و میگفتند: «این ماده کلوئیدی که توسط آبهای جاری وارد محیط دریائی میشود در تماس بایونهای آب دریا لخته^۲ شده و رسوب می نماید. ولی بررسی های جدید این نظر را کاملاً رد نمود و چنانکه خواهیم دید، سیلیس در محیط هیدروسفر هیچگاه (جز در مواد بسیار استثنائی و خاص) بحالت محلول کلوئیدی در نیامده و بالعکس همواره بشکل محلول واقعی ویونی میباشد. قبل از پرداختن به تشریح چگونگی رسوب سیلیس در هیدروسفر بهتر است به نتایج حاصل از بررسی های ژئوشیمی بر روی سیلیس توجه نمائیم:

۱- در محیط هیدروسفر و در شرایط عادی برخی از سیلیکاتها از ترکیب سیلیس و یونهای دیگر بوجود می آیند و در عین حال عده ای از سیلیکاتها دگرسان^۳ و تخریب شده و سیلیس آزاد می نمایند. این امر نشان میدهد که در محیط هیدروسفر یک نوع تعادل شیمی و فیزیکی بین سیلیس و سیلیکاتهای رسوبی وجود دارد.

۲- کورنس^۴ و همکارانش در سالهای حدود ۱۹۴۰ نشان دادند که تخریب سیلیکاتها در جریان دگرسانی، باعث آزاد شدن SiO_2 بصورت محلول واقعی ویونی میگردد. و ثابت نمودند چنین محلول ویونی می تواند سنگها را سیلیسی نموده و کانیهای نوزاد^۵ سیلیسی ایجاد نماید.

۳- حلالیت سیلیس بی شکل و غیرمتبلور یا ژلهای سیلیسی در محیط هیدروسفر تحت قاعده پلیمریزاسیون و ساده شدن پلیمرها^۶ انجام میگردد. و قتیکه در حرارت حدود ۲ درجه مقدار SiO_2 در محلول کمتر از ۰.۱۴ ppm است^۷، سیلیس بشکل محلول واقعی مشکل از منومرهای اسید منوسیلیسیک یا $(Si(OH)_4)$ در محیط پراکنده میشود. مادامیکه در این شرایط pH محیط از ۹ تجاوز نکند در وضع محلول سیلیسی تغییری حاصل

Altération - ۳

Floculation - ۲

Océanographie - ۱

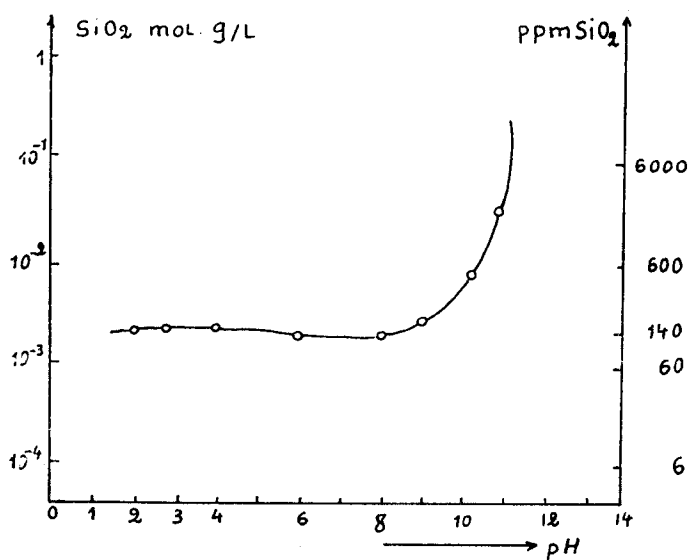
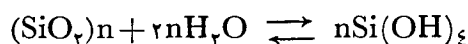
Néof ormation - ۵

Correns - ۴

یک قسمت در میلیون قسمت = ppm - ۷

Depolymérisation و polymérisation - ۶

نمیگردد. ولی در $pH > 9$ اسید منوسیلیسیک تفلیک شده و حلالیت سیلیس بالا می‌رود (شکل ۱). اگر مقدار SiO_2 در حرارت ۲۵ درجه و $pH < 9$ از مقدار ppm. ۱۴ زیادتر شود بالعکس مولکولهای $Si(OH)_4$ مجتمع و آپلیمریزه میشوند و در چنین وضعی است که ما با محلول کلونیدی سیلیس مواجه می‌باشیم. اگر در فعل و انفعالات دو طرفه فوق غلظت کم شود عمل ساده شدن پلیمرها انجام گرفته و مجدداً به محلول واقعی می‌رسیم:

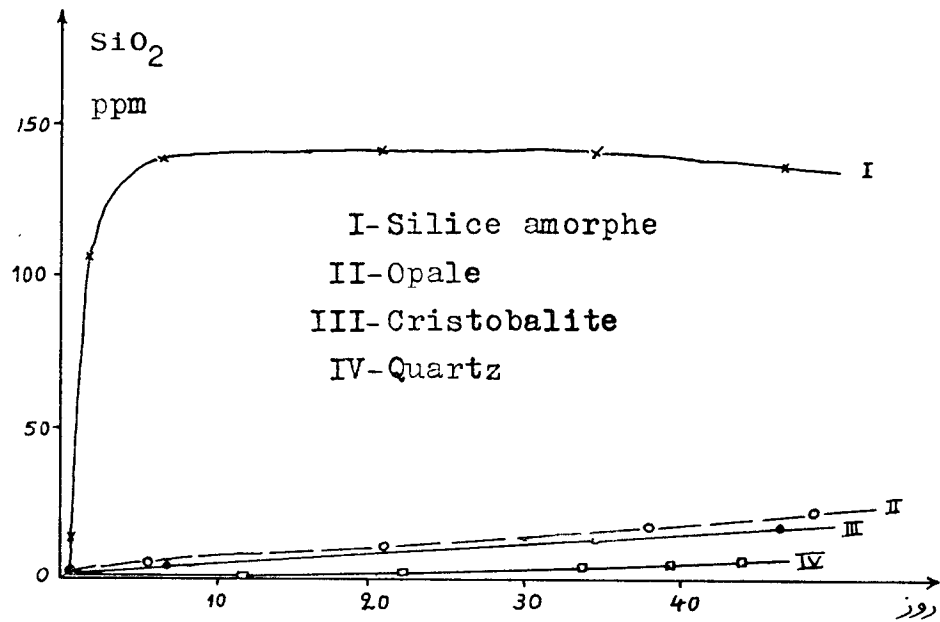


شکل ۱- حلالیت سیلیس برحسب pH (از KRAUSKOPF)

حلالیت اشکال دیگر SiO_2 مثل کوارتز، کالسدونی و اوپال در محیطهای طبیعی خیلی کم است (شکل ۲) و بعلاوه تعادل محلولی در آنها خیلی بتانی حاصل شده و این مسئله بررسی درباره آنها را خیلی مشکل و طولانی مینماید. حلالیت کوارتز طبق اندازه گیریها و محاسبات ترمودینامیک، در حرارت ۲۵ درجه، حدود ۱۴ ppm است (شکل ۲). اکنون با توجه باینکه حلالیت سیلیس بی شکل یا ژلهای سیلیسی برابر ۱۴۰ ppm و سیلیس متبلور حداکثر حدود ۲۰ ppm است، پس یک محلول سیلیسی اشباع شده از نظر سیلیس متبلور ممکن است برای سیلیس بی شکل زیر اشباع باشد. در نتیجه چنین محلولی در عین حال که سیلیس بی شکل را در خود حل میکند میتواند مولکولهای سیلیس محلول را بر روی نطفه‌های^۲ تبلور و بلورهای محیط پلیمریزه نموده و باعث رشد آنها گردد و این عمل آنقدر ادامه یابد تا تمامی SiO_2 بی شکل به سیلیس متبلور تبدیل شود. محیط هیدروسیفر که در آن محلول سیلیس حدود ۴۰ ppm و تا حداکثر

۱- آزمایشی در مورد پودر دیاتومه نشان داد که تعادل محلولی پس از ۲ سال هنوز کامل نشده است.

۸۰ ppm هم می‌تواند برسد قادر خواهد بود چنین نقش دو جانبه‌ای را در تحول سیلیس بخوبی ایفا نماید. ۴- وجود یونهای خارجی، بخصوص کاتیونها، در محیط‌های طبیعی تغییری در حلالیت اسید منوسیلیسیک نمیدهد. بنابراین فرضیه لخته و رسوب شدن سیلیس در برخورد بایونهای آب دریا بی‌ارزش مینماید. تنهایون Al^{+3} است که حلالیت SiO_2 را می‌تواند تغییری دهد. ولی مقدار Al^{+3} در آب دریا در حدی نیست که بر روی سیلیس اثر بگذارد.



شکل ۲- حلالیت سیلیس بی شکل، اوپال، کریستوبالیت و کوارتز (از SIFFERT)

۵- مقدار SiO_2 در محیط‌های عادی هیدروسفر همیشه کمتر از ۱۴۰ ppm است. مقدار SiO_2 در محیط اقیانوسها در اعماق کم و قسمت‌های سطحی حدود ۰/۱-۰ ppm و در قسمت‌های عمیق بتدریج بیشتر شده و تا حدود ۱۰ ppm میرسد. مقدار سیلیس در آب بین ذره‌ای رسوبات نسبتاً زیاد و گاهی تا حدود ۱۰۰ ppm هم ممکن است برسد. در سفره‌های آبهای زیر زمینی مقدار آن از ۱۰ ppm تا ۳ تغییر میکنند. با توجه بمطالب بالا یعنی با توجه باینکه در محیط‌های طبیعی هیدروسفر مقدار SiO_2 هیچگاه از ۱۰۰ ppm تجاوز نمیکند و حد پلیمریزه و کلوئیدی شدن برای سیلیس در بالای غلظت ۱۴۰ ppm و هم چنین با توجه باینکه pH محیط‌های طبیعی حدود ۷ تغییر میکنند چنین نتیجه میشود که در محیط هیدروسفر (محیط‌های آب شیرین - آب شور - آبهای بین ذره‌ای وغیره...) همیشه بحالت محلول واقعی ویونی است. و در چنین محیطی سیلیس نمی‌تواند بشکل محلول کلوئیدی ظاهر شود.

رسوب مستقیم SiO_2

چنانکه دیدیم در شرایط عادی، رسوب مستقیم سیلیس در محیط هیدروسفر امکان پذیر نیست. از

طرفی وجود لایه های ممتد سیلیسی را در بین طبقات زمین شناسی با تمام مشخصات رسوبی انکار نمیتوان کرد. بناچار، برای توضیح این قبیل رسوبات، باید شرایطی غیر عادی در نظر گرفت. از جمله این گونه شرایط فعالیتهای آتشفشانی زیر دریائی^۱ در اوایل مراحل جنش های کوهزائی حوزه های رسوبی است. در اثر این فورانها مقدار زیادی سیلیسی وارد محیط دریائی میشود. زمانیکه شرایط محیط جدید (از نظر pH و حرارت)، بتدریج عادی و طبیعی میگردد، سیلیس ته نشین میگردد. بعلاوه بعد از این فورانها بعلت و فور سیلیس، محیطی مناسب برای توسعه و رشد گیاهان و جانورانی که غشاء سیلیسی دارند مانند دیاتومه ها و رادیولرها فراهم میگردد. بهمین علت در دوره های بعد از فعالیت های آتشفشانی رسوبات سیلیسی گسترش وسیعی پیدا مینماید.

نمونه بسیار خوب از رسوبات سیلیسی رادیولردار را در رشته جبال البرز مرکزی در سری طبقات سبز که قسمت اعظم ارتفاعات البرز مرکزی را شامل میشود می بینیم. این سری رسوبات از نمونه های بسیار جالب رسوبات آذر آواری^۱ است که در اثر فورانهای آتشفشانی در دوره ائوسن در حوزه رسوبی البرز مرکزی تشکیل شده است. ضخامت این رسوبات که گاهی تا چند هزار متر نیز میرسد تنابلی است از رسوبات مواد آتشفشانی و رسوبات اصلی حوزه که در دوره های آرام گذاشته میشده است. در این دوره های آرام است که اغلب رسوبات سیلیسی رادیولردار دیده میشود.

در تشکیل رسوبات سیلیس لایه ای، گیاهان و جانوران سیلیسی نیز نقش مهمی را دارا میباشند. این موجودات در شرایط عادی نمیتوانند از محلول سیلیسی محیط دریا استفاده نموده و آنرا در ساختمان قسمتهای سخت خود تثبیت نمایند. بقایای این موجودات پس از مرگ در رسوبات انباشته شده و قبل از دیاژنز مطابق آنچه در قسمت ۳ گفته شد مجدداً حل شده متبلور و راسب میشوند.

سیلیسی شدن

این عنوان شامل تمام اشکال رسوبی سیلیسی، که بعد از رسوت گذاری و حتی بعد از دیاژنز^۲ بوجود می آیند میگردد.

یکی از نظرهای مورد توجه در مورد سیلیسی شدن سنگها، فرضیه رشد بلوری^۳ است: محیط های طبیعی هیدروسفر که دارای محلولهای یونی سیلیسی بشکل منومرهای اسید متوسیلیسیک است، چون غلظت این محلولها برای سیلیس آمرف زیر اشباع و برای سیلیس متبلور فوق اشباع میباشد، در چنین محیطی نطفه های تبلور موجود و یا تشکیل شده در محیط بتدریج توسط محلول یونی تغذیه شده و شروع به رشد مینماید و در عین حال محیط بتدریج توسط سیلیس آمرف تغذیه میشود. در محیط رسوبات نرم که هنوز بحالت سنگی کامل نرسیده اند، وجود مقداری آب بین دانه ای رسوبات این عمل را انجام میدهد. چنانکه ذکر شد منشاء اصلی سیلیس آمرف نیز در رسوبات بقایای قسمت های سخت جانوران و گیاهان سیلیس دار میباشد.

در تبدیل سیلیس آسرف به سیلیس متبلور شرایط مناسب باشد (غلظت کم، عدم حضور کاتیونهای فلزی) بلورهای درشت و شکلهارا مانند بلورهای کوارتز در رسوبات آهنی، ژیبسی و آنیدریتی ظاهر میشوند. در شرایط نامناسب بلورهای ریز نظیر کوارتزهای میکرو کریستالین و کالسدونی تشکیل میگردند. اگر مواد ناخالص مثل کاتیونهای فلزی در محیط فراوان باشند و شرایط محیط نیز از نظر pH و غلظت محلولی و حرارت مناسب نباشد رسوبات نیم متبلور و کریستپوکریستالین و بلورهای با شبکه تبلور تکامل نیافته نظیر اوپال ظاهر میشود. علت دیگر ایجاد بلورهای ریز وجود نطفه های تبلور فراوان در محیطی محدود است که مانع رشد بلورها میگردد.