

سبك کردن آبهای سخت

تنظیم :

مرتضی حسینیان

مهندس سازبان آب منطقه ای تهران (شرکت سهامی)

درسالهای اخیرمیزان تهیه آب سبک افزایش زیادی یافته و دو دلیل عمده برای این افزایش می توان

ذکر نمود :

اولاً : پیدایش و پیشرفت صنایع جدید که تماسشان احتیاج به آب سبک شده دارند .

ثانیاً : پیشرفت تمدن و علم و پی بردن مردم بخواص آبهای سبک شده و ارزش اقتصادی آن

برمصرف آبهای سنگین .

تا چندسال پیش تهیه آب سبک فقط مخصوص نقاطی بود که دارای آبهای خیلی سخت بودندولی امروز در اکثر نقاط دنیا تهیه آب سبک معمول و متداول است همانطور که میدانیم سختی آب کلاً بوجود کربناتها ، بیکربناتها ، سولفاتھ ، کلورهای فلزات کلسیم و منیزیم ، آهن ، منگنز و آلومینیم مربوط است ولی ۳ فلز اخیر بمقادیر جزئی در آب موجودند لذا اثر آنها در سختی آبها خیلی کم است . سختی آبها بوضع زمین شناسی محلی که آب با آن تماس دارد مربوط بوده و مقدار آن در آبهای سطحی و زیرزمینی و بالاخره کلیه آبهای موجود در زمین متفاوت است .

سختی آب را بدوقسمت : دائم و موقت تقسیم نموده اند که در آن سختی موقت را میتوان باجوشاندن

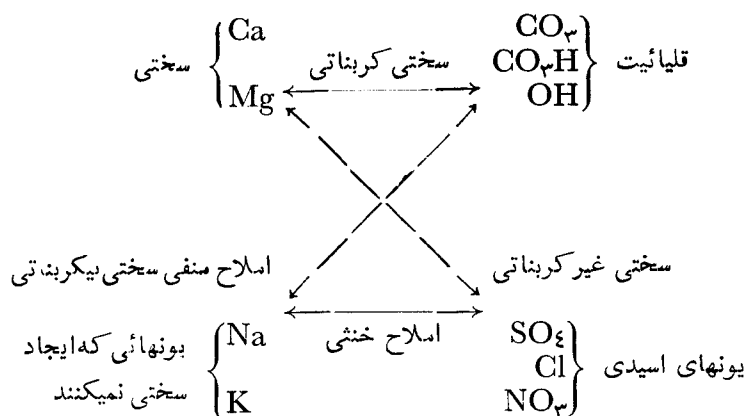
آب حذف نمود ولی سختی دائم فقط با مصرف مواد شیمیائی ممکن است کم و یا حذف گردد امروزه سختی را

بدوقسمت کربناتی و غیر کربناتی تقسیم نموده اند .

سختی کربناتی از کربناتها و بیکربناتهای کلسیم و منیزیم و سختی غیر کربناتی شامل سولفات و

کلرور این دو فلز است ، برای تعیین و تشخیص املاح موجود در آب و املاحی که ایجاد سختی مینمایند میتوان

شمای زیر را رسم نمود :



از بین املاح مولد سختی کلرورهای کلسیم و منیزیم خاصیت خوردگی شدیدی دارند و سولفاتهای کلسیم و منیزیم باعث تشکیل رسوبهای سختی در جدار تأسیسات مولد نیرو میگردند اما کربناتها و بیکربناتهای سدیم و پتاسیم نه خوردنده اند و نه ایجاد رسوب میکنند ولی ممکن است در اثر بعضی عوامل CO_2 خود را که خاصیت اسیدی دارد از دست بدهند در اینحال CO_2 در مجاورت آب با تشکیل اسید کربنیک جدار دیکها و لوله ها را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

پاره ای املاح مانند کلرور سدیم اگر بیش از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر در آب موجود باشند طعم خاص و نامطبوعی به آب میدهند و اگر مقدار آن از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نماید آب شور شده و غیر قابل شرب می گردد و یا سولفات سدیم که باعث بروز ناراحتی های معدی می شود و یا در دیگهای بخار ایجاد کف مینماید.

بطور کلی مجموع املاح محلول آب برای آشامیدن نباید از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر تجاوز نماید. طبقه بندی آنها از نظر سختی بقرار زیر است:

۰-۵۵	۵۵-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۵۰۰	میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم
سبک	با سختی کم	متوسط	سخت	نوع آب

منظور از سبک کردن آبها تبدیل نمودن املاحی است که ایجاد سختی نموده اند بصورتیکه بتوان آنها را باصاف کردن یا ته نشین نمودن از آب جدا نمود اساس سبک کردن بر ع اصل زیر استوار است:

- ۱- محاسبه مقادیر مورد نیاز از مواد شیمیائی با در دست داشتن آنالیز کامل آب.
- ۲- امکان اختلاط سریع آب با مواد شیمیائی و انجام فولو کلاسیون در اثر بهم زدن.
- ۳- محاسبه زمان لازم برای ته نشین شدن رسوبات حاصل از عمل.
- ۴- جدا کردن آب صاف شده و آماده نمودن آن برای عملیات بعدی.

روشهای سبک کردن آب از ۲۰۰ سال پیش شناخته شده است چنانچه در ۱۷۶۶ «گاوندیش» با

بکاربردن آهک موفق به سبک کردن آب گردید بعدها «توماس هانری» Thomas Henry در ۱۸۰۰ در انگلستان مطالعات مفصلی روی سبک کردن آبها با استفاده از آهک نمود و در ۱۸۴۱ «توماس هانری» و «کلارک» روش مخصوصی برای سبک کردن آبها بشهرداری محل خود پیشنهاد نمودند و در ۱۸۷۶ روش این دو دانشمند توسط «پورتر Porter» توسعه زیادی یافت ومدتها روش پیشنهادی «پورتر» بنام: «کلارک پورتر» معروف بود در این روش برای حذف رسوبهای حاصله ، استفاده از فیلتر توصیه شده بود. روش کلارک پورتر فقط برای حذف سختی کربناتی و بیکربناتی مورد استعمال قرار میگرفت ولی روشی که بتواند سختیهای غیر کربناتی و سیلیکاتها را حذف نماید در ۱۸۵۶ با بکاربردن کربنات سدیم و آهک ابداع گردید و بالاخره در سالهای اخیر با بکاربردن آهک و کربنات سدیم سختیهای کربناتی و غیر کربناتی را حذف میکنند.

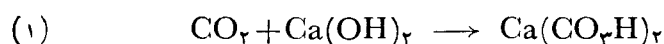
روشهای سبک کردن آب

مهمترین روشهای سبک کردن آب عبارتند از:

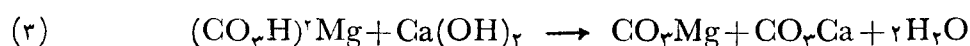
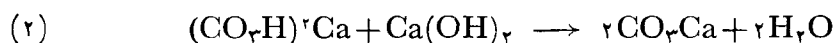
- ۱- جدا کردن اسلح کلسیم و منیزیم با استفاده از مواد شیمیائی.
- ۲- تبدیل اسلح کلسیم و منیزیم با اسلح سدیم.
- ۳- سبک کردن آب با درهم کردن دو روش فوق الذکر.
- ۴- سایر روشها.

الف - حذف کلسیم و منیزیم با استفاده از مواد شیمیائی :

عمومی ترین متد حذف سختی موقت آب با اصطلاح عمومی افزایش سختی (آهک) برای حذف سختی است . چون آبها همیشه دارای مقادیری گاز کربنیک آزاد هستند لذا با تزریق آهک ، ابتدا باید این گاز کربنیک را از بین برد .

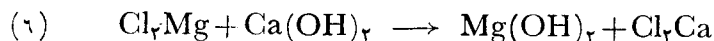
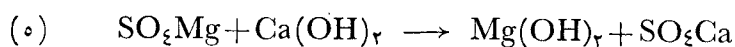


در صورتیکه مقدار گاز کربنیک از ۲ میلی گرم در لیتر تجاوز نماید بهتر است با دمیدن هوا قسمت اعظم آنرا از آب خارج نمود و باقیمانده آنرا با استفاده از روش فوق از بین برد اینعمل در مقدار مصرف آهک اثر زیادی دارد. بیکربنات حاصل از اینعمل بر سختی بی کربناتی آب اضافه میشود. حال لازم است این سختی بی کربناتی را بصورتی تبدیل نمود که بتواند رسوب نماید و با صاف شدن از آب جدا گردد برای این منظور از آهک بر طبق فعل انفعالات زیر استفاده مینمایند :



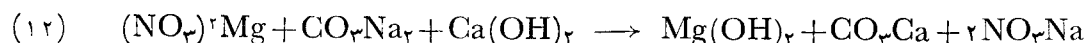
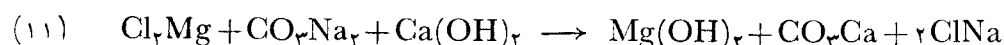
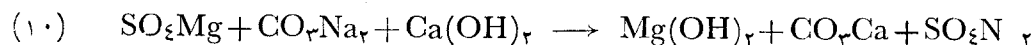
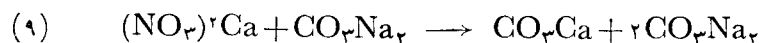
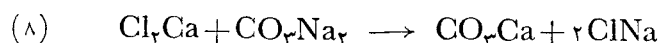
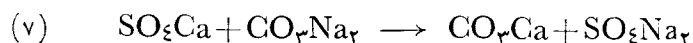
همانطور که از فرمولهای (۳ و ۴) دیده میشود برای حذف سختی کربناتی منیزیم ۲ اکی والان

آهک مورد نیاز است. یکی برای تبدیل آن به کربنات منیزیم و دیگری برای تبدیل کربنات حاصل به نیدرات منیزیم نامحلول، قسمتی از سختی غیر کربنات منیزیم را طبق فعل انفعالات زیر میتوان با استفاده از آهک حذف نمود:



آهک را میتوان بصورت آب آهک یا شیرآهک مصرف نمود اما طبق تجربیات «گروسمن Grossman» مصرف آب آهک بر شیرآهک مزیت دارد. بعد از افزودن آهک به آب باید مدتی منتظر بود تا سدیمان تاسیون انجام شود در عمل اکثراً ته نشین کردن و دکانتاسیون برای سبک کردن آب کافی است ولی بعضی مواقع برای تکمیل عمل باید از صافیهای متداول استفاده نمود (روش کلارک و پورتر).

استفاده از آهک برای حذف سختیهای غیر کربناتی (سولفاتها، کلورها، نیترا تها) اکثراً مناسب نیست و برای حذف اینگونه عوامل بهتر است از کربنات سدیم یا مخلوط کربنات سدیم و آهک استفاده شود.



چند فرمول اخیر بنام روش آهک و کربنات سدیم معروف است.

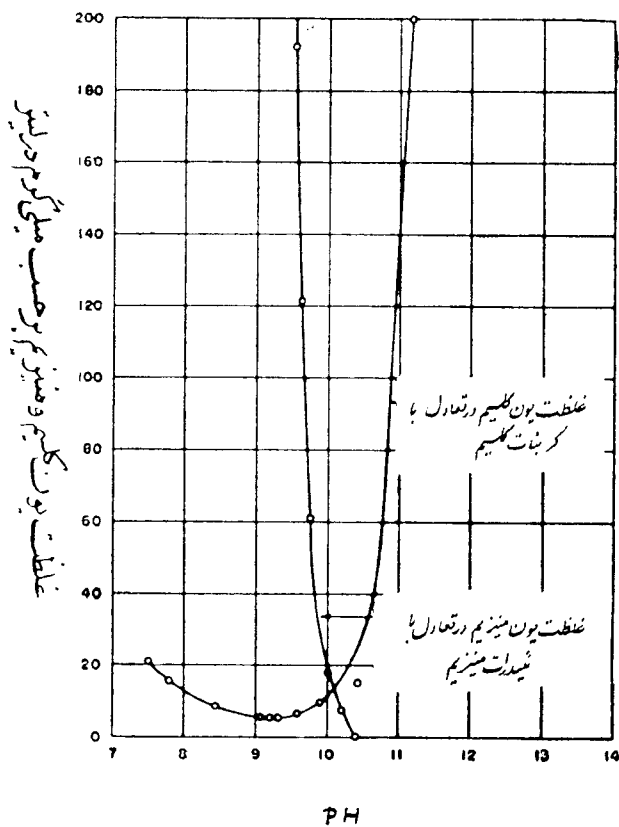
سومر هوف Somerhof با تجربیات خود ثابت کرد که بکار بردن آهک بمنزانیکه محاسبه نشان داده هیچگاه نتایج رضایتبخش نخواهد داد بلکه عملاً لازم است که آهک بمقدار بیش از حد لزوم بکار برده شود. شاید علت این امر مربوط به قسمتی از املاح کلسیم و منیزیم که در آب بصورت کمپلکس موجود است باشد که باسانی نمیتوانند در فعل انفعال یونها شرکت نمایند.

Archbut و Decley بکار بردن تانکی را برای رسوب گیری توصیه کرده اند که از ظرف دیگری محلولهای مورد لزوم به آن اضافه میشد و در ظرف، فعل و انفعال سریعی بین آب و محلولهای سبک کننده اتفاق می افتد باید توجه داشت در دستگاه پیشنهادی، آب از بالا و بوسیله لوله های سوراخ دار ریخته می شود و فایده اینکار در تغییر درجه حرارت میباشد که توأم با اختلاط سریع زمان فعل انفعال را کوتاه مینماید.

Decley با استفاده از رسوبات کهنه و قدیمی توانست سرعت فعل و انفعال را افزایش دهد. تحقیقات Hoover ثابت کرد که استفاده از آهک در سبک کردن آب در حذف باکتریها، کدورت آب، آهن، رنگ، مواد آلی و گازهایی که ایجاد بوهای نامطبوعی مینماید مؤثر است. (باید توجه داشت که آهک بیش از حد لزوم بکار رود).

Grreth معتقد است که درجه حرارت و زمان در سبک کردن آب عامل مهمی است و اصولاً عقیده دارد که در سبک کردن آب بجز آنالیز کامل آن مسائل خاص دیگری بعنوان پارامترهای مؤثر در عمل سبک کردن باید مورد توجه قرار گیرد.

Bussuell و greenfield در حین عمل دریافتند که نیدرات منیزیم در $pH=9$ تشکیل و در pH حدود ۱۰٫۶ رسوب آن تکمیل میشود و pH مناسب برای تشکیل رسوب کربنات کلسیم ۱۰٫۵ میباشد. اصولاً برای درک اثر pH در حلالیت این دو رسوب میتوان منحنی زیر را در نظر گرفت. همانطور که دیده میشود کربنات کلسیم در $pH=9$ کمترین حلالیت خود را دارا است و حلالیت نیدرات منیزیم (بطور کلی اصلاح منیزیم) با افزایش pH از ۱۰٫۵ به بالا بآرامی کم شده و در pH حدود ۱۰٫۶ به صفر میرسد.



PH
شکل ۱

Maigen بکاربردن آهک و سولفات آلومینیم و کربنات سدیم را در سبک کردن آب توصیه کرده است در این عمل آخرین آثار سختی و مواد معلق آب بعلت وجود آلومین کواگوله خواهد شد و در نتیجه سرعت صاف شدن اضافه میگردد.

مصرف ترکیبات اسید اگزالیک برای سبک کردن آبهای خنثی بلامانع است ولی در آبهای آشامیدنی بعلت سمی بودن اگزالاتها توصیه نشده است. در آبهای مصرف شده در شستشو و لباسشویی استفاده از اگزالاتها بشرطیکه عمل سبک کردن بصورت ته نشین و بمدت ۱۲ تا ۲ ساعت طول بکشد بلامانع است.

برای محاسبه مواد مورد لزوم در این روش روابطی قابل بررسی است ، فقط باید توجه داشت که بعلت تغییر درجه حرارت و اثر آن در حلالیت مواد حاصل در عمل و یا مواد مورد مصرف نتایج تئوری و عملی باهم کمی تفاوت دارند .

۱	سیلی گرم CO_2 آزاد به ۱۲۲۷	سیلی گرم CaO	احتیاج دارد تا به CO_2Ca	تبدیل شود
۱	$(\text{CO}_2\text{H})_2\text{Ca}$ به ۰۰۵۶	» CaO »	» CO_2Ca »	»
۱	$(\text{CO}_2\text{H})_2\text{Mg}$ به ۱۲۳	» CaO »	» MgO »	»
۱	اسلح منیزیم به ۲۲۳	» CO_2Na_2 »	» MgO »	»
۱	اسلح کلسیم به ۲۶۵	» CO_2Na_2 »	» CO_2Ca »	»
۱	اسلح منیزیم به ۴۴	» CO_2Na_2 »	» MgO »	»

برای استفاده از جدول فوق بجااست مثال زیر را در نظر بگیریم . اگر مشخصات آبی بقرار زیر باشد :

۲۲۲ میلی گرم برای ۱۰۰ میلی لیتر آب	CO_2 آزاد
» » ۱۰۰ » » ۹۱	$\text{Ca}(\text{CO}_2\text{H})_2$
» » ۱۰۰ » » ۴۶	SO_4Mg
» » ۱۰۰ » » ۶۴	SO_4Ca

مقادیر مورد لزوم مواد شیمیائی برای سبک کردن با در نظر گرفتن ضرایب فوق بقرار زیر خواهد بود :

$$\begin{aligned} \text{برای } \text{CO}_2 \text{ آزاد} \quad \text{CaO} \quad & 222 \times 1227 = 278 \text{ میلی گرم} \\ \text{Ca}(\text{CO}_2\text{H})_2 \quad & 91 \times 0.056 = 5.1 \\ \text{SO}_4\text{Mg} \quad & 46 \times 223 = 10258 \\ \text{SO}_4\text{Ca} \quad & 64 \times 265 = 16960 \\ \text{SO}_4\text{Mg} \quad & 44 \times 44 = 1936 \end{aligned}$$

باین ترتیب ۱۸۵ میلی گرم CaO و ۳۷۲ میلی گرم CO_2Na_2 برای هر ۱۰۰ میلی لیتر آب فوق الذکر مورد لزوم است .

مقدار آهک و کربنات سدیم مورد لزوم را میتوان از فرمولهای زیر محاسبه نمود :

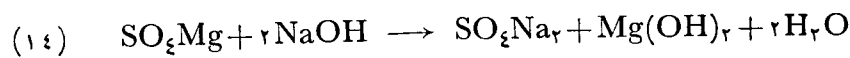
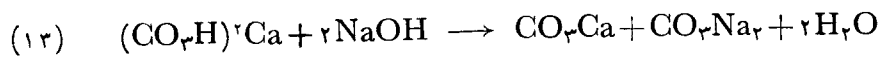
$$\text{CaO} = 0.06(\text{TAC} + \text{TM} + \text{C}) \text{gr/m}^3$$

$$\text{CO}_2\text{Na}_2 = 11 \times \text{Pgr/m}^3$$

که در آن TAC درجه سختی کربناتی آب مورد آزمایش و TM درجه سختی منیزیم و C ضریبی است که از فرمول زیر بدست میآید :

$$C = \frac{\text{گاز کربنیک آزاد}}{4/4}$$

و P درجه سختی دائمی آب را مشخص مینماید. (درجات سختی در بالا تماماً بحسب درجه فرانسوی است). بجای استفاده از آهک و کربنات سدیم میتوان از سود سوزآور برای حذف سختیهای کربناتی و غیر کربناتی استفاده نمود فعل و انفعال آن بقرار است :



موادی مثل تانن که در فاضل آب کارخانجات دباغی دیده میشوند راندمان سبک کردن را پائین میآورد. تزریق کلر اشکالی را که این مواد پیش میآورند بعلت اکسیده کردن مواد آلی تا حدی از بین میبرند از اینرو درچنین آبهایی قبل از انجام هر کار بآن کلر تزریق مینماید. مزایا و محدودیتهای استفاده از مواد شیمیائی در سبک کردن آبها :

مزایای مهم روش استفاده از مواد شیمیائی عبارتند از :

- ۱- اقتصادیترین روش سبک کردن آب و عملیترین روشها استفاده از آهک میباشد.
 - ۲- با این روش میتوان سختی را تا حدود ۲ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم پائین آورد.
 - ۳- مواد محلول آب را بمقدار زیادی پائین میآورد.
 - ۴- کدورت، رنگ، بوهای خاص و مقداری از باکتریهای آب حذف میگردد.
 - ۵- آهن و منگنز در این روش حذف میشود.
 - ۶- از نظر خوردگی اشکالی در تأسیساتی که از آب سبک شده استفاده مینمایند بوجود نمیآید.
- مهمترین محدودیتهای استفاده از مواد شیمیائی عبارتند از :

- ۱- تولید مقدار زیادی لجن که تخلیه آن ایجاد اشکال مینماید. در شهرهاییکه امکان تخلیه این لجنها برودخانه میباشد این اشکال برطرف شده ولی در شهرهاییکه امکان این تخلیه نیست صلاح در این است که با عمل کلسینه کردن آهک مصرف شده را برای مصارف بعدی بدست آورد.
 - ۲- طرز کار دستگاهها و مصرف آهک و کربنات سدیم احتیاج بمهارت خاصی دارد.
 - ۳- صافیها و سیستمهای توزیع زود بزود کثیف میشود لذا کنترل شدیدی را ایجاب مینماید.
 - ۴- چون رسوبات حاصل از عمل سبک کردن اکثراً ریز و تا حدی کلوئیدی هستند لذا تزریق موادی مثل سیلیس آکتیف بمنظور کواگوله کردن رسوبات و سرعت دادن به ته نشینی آنها ضرورت دارد.
- برای کساهش محدودیت های مصرف مواد شیمیائی میتوان یک یا چندتا از روشهای زیر را در نظر گرفت :

- ۱- بکاربردن آهک بمقدار زیادی بمنظور حذف تمام منیزیم و افزودن بعدی کربنات سدیم برای تصحیح قلیائیت و pH محیط.
- ۲- تزریق CO_2 بعد از سبک کردن آب برای حذف آهک زیادی.
- ۳- افزودن مواد کواگولان جهت تسریع در ته نشین کردن رسوبات حاصل از سبک کردن.

۴- استفاده از سدیم هکزامتافسفات که بعنوان مواد ثابت کننده مصرف میشود این مواد نیز برای از بین بردن آهک زیادی در سالهای اخیر مورد استعمال زیادی پیدا کرده است. (فقط برای آب تغذیه دیگهای بخار) مصرف مواد شیمیائی بعوامل زیر بستگی دارد :

- ۱- بمقدار CO_2 آزاد آب.
- ۲- بمیزان قلیائیت کربناتی و بیکربناتی آب.
- ۳- بمیزان سختی های کربناتی و غیر کربناتی.
- ۴- بمقدار کل منیزیم آب.
- ۵- بدرجه خلوص موادیکه بعنوان سبک کننده بکار میروند.

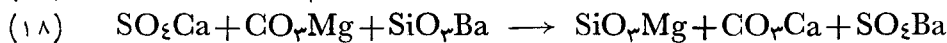
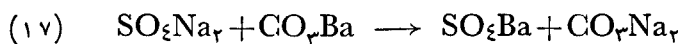
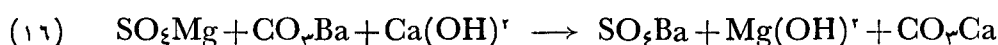
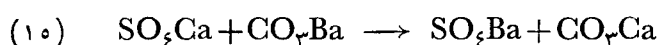
ب - استفاده از ملاح باریم در سبک کردن آب :

در پاره ای از آبها که سختی غیر کربناتی آنها زیاد است مخصوصاً دارای مقادیر زیادی سولفات کلسیم و منیزیم هستند و یا مقدار سولفات سدیم آنها که خود عاملی است که از قابلیت استفاده صنعتی آب میکاهد زیاد باشد از ملاح باریم برای حذف این سولفاتها استفاده مینمایند.

باید توجه داشت که سبک کردن آب با این روش در مورد آبهای آشامیدنی بهیچ عنوان توصیه نشده است (بعلت سمی بودن ملاح باریم حتی بمقادیر جزئی) تنها اشکال مصرف ملاح باریم گرانی قیمت آنهاست. Reiserst اولین کسی است که از کربنات باریم استفاده نمود بعدها مصرف کلرور باریم متداول شد ولی اشکال مصرف آن امکان تشکیل کلرور منیزیم میباشد که وجود آن در دیگهای بخار نامطلوب است از اینرو مصرف کلرور باریم توسعه زیادی نیافت.

Rodman تأیید نمود که مصرف ملاح باریم تنها ۸۵٪ از کل سولفاتها را ته نشین مینماید و برای حذف مابقی آنها بهتر است آب را قبلاً با آهک سبک کنیم. بالاخره مهمترین و عمومی ترین ملح باریم که در سبک کردن آب مورد استعمال دارد سیلیکات باریم میباشد.

برای روشن شدن چگونگی سبک کردن آب با ملاح باریم فعل انفعالات زیر را در نظر بگیریم :



برای سبک کردن آب ممکن است از اسید الئیک و سودسوزآور استفاده نمود. همچنین ممکن است از اسید سولفانیکها استفاده کرد.

استفاده از فسفاتها مخصوصاً تری فسفات سدیم که علاوه بر سبک کردن آبهای صنعتی بعنوان سماعت کننده از خوردگی میتواند مورد استفاده قرار گیرد. این جسم برای اولین بار توسط Hill مورد استفاده قرار گرفت. باید توجه داشت که بکار بردن آن باید توأم با حرارت باشد.

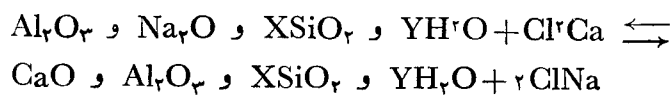
Germain با تعقیب مطالعات Hill دریافت که در سبک کردن آب با استفاده از فسفاتهایمیتوان آب را تا حدود زئولیتها سبک کرد و همچنین آهن و منگنز موجود در آنها را با این روش میتوان کاملاً حذف نمود.

اگر آبی علاوه بر منیزیم حاوی مقداری سیلیس باشد ابتدا باید با بکار بردن مواد شیمیائی (آهک و کربنات سدیم) منیزیم آنرا حذف نمود و سپس با اتخاذ روشهای خاص سیلیس آنرا از میان برد.

ج - روش جانشین کردن املاح کلسیم و منیزیم با املاح سدیم و استفاده از مبادله کننده های یونی :

مبادله کننده های یونی اجسام نامحلول در آب هستند که بشکل کرات ریز بقطر ۱/۵ تا ۳/۰ میلیمتر یافت میشوند و مهمترین خاصیت آنها حذف آنیونها یا کانیونها از آب و کلیه محلولها میباشد و انواع طبیعی و سنتتیک آنها موجود است. این اجسام سیلیکواتومینات سدیم نئدراته هستند که تحت شرایط خاصی رادیکال مبادله کننده خود را با رادیکال مبادله شونده آب و محلولها میتوانند تعویض نمایند. مناسب ترین جسمی که میتواند کلسیم و منیزیم را با سدیم مبادله نماید زئولیت است.

در مورد مکانیزم عمل آنها و موارد استعمال مهمشان در صنعت در مقاله دیگری بحث خواهد شد در اینجا فقط برای درک چگونگی عمل مبادله میتوان به فعل و انفعال زیر توجه کرد :



اصول مقایسه روش استفاده از مواد شیمیائی و استفاده از موادیکه میتوان کلسیم و منیزیم را با سدیم جانشین نمود بقرار زیرند :

الف - در روش استفاده از زئولیت کلسیم و منیزیم با معادل خودشان از سدیم جانشین میشوند از اینرو در باقیمانده خشک (مجموع املاح محلول) نه تنها کاهش حاصل نمیشود بلکه افزایش مختصری نیز مشهود است.

ب - در روش زئولیت، آبی با سختی حدود صفر میتواند بدست آورد در حالیکه در روش مواد شیمیائی هرچقدر هم دقت شود آبی با سختی کمتر از ۲ تا ۳ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم بدست نمیآید.

ج - روش زئولیت بطور اتوماتیک با تغییرات سختی آب مطابقت حاصل مینماید در حالیکه در روش آهک این تطابق امکان پذیر نیست.

د - روش زئولیت نمیتواند برای آبهای : کدر، اسیدی، آهن دار مفید واقع شود زیرا اگر آب کدري را از روی بستری از زئولیت عبور دهیم مواد معلق آن در سطح زئولیت راسب شده و این رسوب از فعالیت آن میکاهد و در آبهای آهن دار رسوب اکسید آهن روی دانه های زئولیت تشکیل و در نتیجه قسمتی از املاح سدیم با آهن جانشین میگردد و آبهای اسیدی مقداری از سدیم را با یونهای نئدروژن جانشین می نماید در حالیکه اشکالات فوق در روش آهک موجود نیست.

ه - در روش استفاده از مواد شیمیائی با اشکالات ناشی از کواگولاسیون و ته نشین رسوبات کربنات

کلسیم و نیترات منیزیم سواچه هستیم در حالیکه این اشکالات در روش مبادله یونی دیده نمیشود .
و - روش زئولیت ممکن است تحت فشار انجام پذیرد در حالیکه در روش آهک گاهی پمپاژ مجدد
احتیاج است .

ز - در روش زئولیت تحرک کمتری نسبت به روش آهک دیده میشود .

ح - عمل با زئولیت باعث خورد شدن ذرات و کم شدن فعالیت آنها محدود میشود . طبق تجربیات
بدست آمده زئولیت مصنوعی بیش از نوع طبیعی خورد میشود .

ط - یک واحد سبک کننده به روش زئولیت حجم و سطح کمتری را نسبت به روش مشابه خود با استفاده
از مواد شیمیائی اشغال مینماید . معمولاً اندازه واحد زئولیت نسبت مستقیم با سختی آب دارد در صورتیکه
اندازه یک واحد نرم کننده آهک و کربنات سدیم بستگی به حجم آبی که باید در زمان معینی نرم شود دارد .
ی - قیمت تمام شده یک واحد نرم کننده با زئولیت کمتر از قیمت یک واحد آهکی برای سختی دائم
و بیشتر از آن برای سختی موقت میباشد در قیمت واحد استفاده از مواد شیمیائی قیمت خود مواد دخالت
دارد و دائماً در هر بار از این مواد باید نوع جدید آن مورد استفاده قرار گیرد در حالیکه زئولیت ماده ایست
تقریباً دائمی در مورد زئولیت هم قیمت مواد احیا کننده را باید منظور نمود .

ک - در مواردی که نرم کردن آب برای تغذیه دیگ بخار انجام میشود بایستی آخرین اثرات سختی
باقیمانده در آب از آن جدا گردد، زیرا بیکربنات سدیم موجود (بعد از جدا کردن سختی موقت با روش زئولیت)
در مرحله اول تشکیل کربنات سدیم و سپس تولید سود سوزآور و انیدرید کربنیک مینماید . وجود قلیائیت
جزئی در آب دیگ بخار قابل ملاحظه است ، زیرا باعث خوردگی گردیده و ایجاد کربنات سدیم که خود
تولید پریمیینگ (Embrittlement Caustic Priming), (Bumping) میکند که باعث ایجاد CO_2 و
تشکیل سود میباشد .

میتوان بجای استفاده از زئولیت از رزینهای مبادله کننده استفاده نمود این رزینها دو دسته اند :
بعضی ها در حذف آنیونهای آب مداخله مینمایند و بعضی کاتیونهای آب را و در عمل سبک کردن آب ابتدا
آنها از روی رزین کاتیونی عبور میدهند و بعد از حذف کاتیونها آب بدست آمده را از روی رزین آنیونی عبور
میدهند جهت تکمیل عمل سبک شدن آب حاصل را بعد از عبور از «دگازیفیر Degasifere» از روی ستونی
که مخلوط مبادله کننده آنیونی و کاتیونی را حاوی است عبور میدهند .
همانطور که قبلاً اشاره شد مطالعه کامل و کافی درباره مبادله کننده ها و زئولیتها را بمقاله دیگری
موسکول میکنیم .

دیگر از روشهای ساده تهیه آب سبک ، روش تقطیر است و بیشتر برای کشورهای که می توانند از
انرژی خورشید استفاده کرده یا انرژیهای ارزان قیمتی در اختیار داشته باشند . در غیر اینصورت با استفاده از
انرژیهای معمولی هزینه سنگینی در بر خواهد داشت .

نکته مهمی که در سبک کردن آبها با استفاده از روشهای شیرین کردن باید مورد توجه قرار گیرد
اینستکه چون آب مقطر از نظر شرب ارزش زیادی ندارد و اصولاً آب آشامیدنی از نظر استانداردهای بین المللی

باید دارای مقادیر معینی از املاح باشد و در آبهای مقطر برای رفع کمبود مواد محلول برای هر ۱۰۰ گالن ۲/۵ انس بیکربنات سدیم و ۲ انس کلرور کلسیم اضافه مینمایند.

فهرست مراجع :

- ۱- سخنرانیهای پرفسور : T. A. Black,
- ۲- سری مجلات : Instrument Engineer, 1967
- 3 - Water Supply Engieering (Babbit 1955)
- 4 - » » (Fair and Geyer 1954)
- 5 - Water Conditioning For Industry (Powell 1954)
- 6 - Water Supply (Steel 1960)
- 7 - Water Treatment Handbook (Degremont 1966)
- 8 - » » (Jaimes 1966)