

# تصفیه آب صنعتی در پالایشگاه تهران

آقای حسین برهانی

کارشناس طرح و برنامه گاز مایع - وزارت نفت

آب مهمترین عامل طبیعی است که بدون وجود آن زندگی شکل نمیگیرد و صنعتی ایجاد نمیشود. بر خلاف بسیاری از مواد خام اولیه، در بیشتر حالات جانشینی برای آب نمیتوان پیدا نمود. شرط لازم تولد تمدنهای بشری، در دسترس بودن یک منبع شناخته شده آب بوده است، ولی متأسفانه فضولات مایع و جامد حاصل از چنین تمدنهایی توانائی قابل ملاحظه ای در آلوده ساختن آب آن منبع داشته است.

سابقه تاریخی توجه انسان به منابع آب و بهداشتی بودن آن به دو هزار سال قبل از میلاد مسیح (ع) میرسد و در عصر حاضر با توجه به رشد جمعیت و توسعه صنایع، استفاده صحیح از این منابع طبیعی - که هرگز افزایش نخواهند یافت - ضروری مینماید. برای دسترسی به یک کیلوگرم نان یا یک کیلوگرم گوشت، بیش از دو هزار کیلوگرم آب مورد نیاز است و ساخت یک اتمبیل مستلزم استفاده از دو میلیون لیتر آب میباشد. سازمان بهداشت جهانی در یکی از نشریات خود ( "Epidemiological and Vital Statistics", Geneva, 1960 ) می نویسد: در هر شبانه روز سیزده هزار نوزاد زیر یکسال در اثر بیماریهای ناشی از آب جان خود را از دست میدهند.

آب آشامیدنی باید بیرنگ، بدون بو، زلال و عاری از هر گونه طعم ناخوشایند باشد. همچنین جهت تأمین سلامتی انسان، چنین آبی باید فاقد ریز ساختارهای بیماریزا و مواد معدنی و آلی که اثرات منفی فیزیولوژیکی دارند باشد. " فرآیندهای تصفیه آب "، مجموعه عملیات فیزیکی و شیمیائی است که آب خام مناسب را جهت مصارف صنعتی یا آشامیدن آماده میسازد.

تحقیقات مربوط به آب بعنوان منشاء حیات کلیه موجودات زنده همیشه مورد علاقه خاص محققین و دانشمندان بوده و با پیشرفت روزافزون علم و در نتیجه اهمیت استفاده از آب در اکثر زمینه ها مسائل مربوط به آب و تصفیه آن هم با طبع از اولویت خاصی برخوردار گردید. اولین مطالعات انجام شده بر روی آب به خاطر نیاز مستمر انسان به آب جهت آشامیدن بود که میبایست آب آشامیدنی دارای کیفیت فیزیکی مناسبی از لحاظ ( رنگ ، بو، طعم و مزه و مواد معلق ) باشد . سپس مطالعات در رابطه با املاح موجود در آب از لحاظ شیمیائی و با پیشرفت علم مسئله گندزدائی و باکتری زدائی آب مورد بررسی قرار گرفت .

یکی از اعمالی که بطور متداول برای بهبود کیفیت فیزیکی آب مورد استفاده قرار میگرفت عبور آب از لایه های انباشته شده بر روی هم بود که بعنوان صافی یا فیلتر خوانده میشد. فیلترهای اولیه شامل شن و ماسه و زغال در اندازه های ریز و درشت انباشته بر روی هم بود که بترتیب درشتی و ریزی چیده میشدند. در اثر عبور آب از لایه های مختلف بتدریج مواد ناخالص معلق در آب بر روی لایه ها رسوب میکرد و در انتها آب تقریباً زلال با مقدار کمی مواد معلق بدست میآمد. امروزه از همین خاصیت جهت فیلتر نمودن آب استفاده می نمایند . بعد از بهبود نسبی در کیفیت آب آشامیدنی، بررسی و تحقیق درباره آبهای زراعی ( کشاورزی ) و صنعتی و اینکه چگونه میتوان از آب خام به آب صنعتی دست پیدا نمود، شروع شد که خود مبحث مفصلی را شامل میشود، این مقاله به بحث پیرامون آب صنعتی و نحوه ساخت و موارد استعمال آب در سیستم های پالایش و تصفیه می پردازد.

آب خام از منابع مختلف سطحی یا زیر زمینی بدست میآید و بعلت تماس با پوسته زمین و هوای آزاد دارای ناخالصیهای متنوعی از قبیل انواع نمکهای معدنی ( نمکهای سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن، سیلیس و غیره ) و همچنین گازهای تقطیر نشدنی مانند اکسیژن و گاز کربنیک میباشد. از چنین آبی در صنعت بطور مستقیم نمیتوان استفاده نمود. برای بدست آوردن آب صنعتی از آب خام باید عملیاتی روی آن انجام گردد تا به کیفیت دلخواه برسد. یکی از مصارف آب در صنعت تهیه بخار آب و استفاده از انرژی حرارتی بخار است برای این منظور میبایست مواد مضر بخصوص عوامل سختی را از آب گرفت تا آب مناسب جهت استفاده در دیگهای بخار تهیه گردد. (۱)

بنابر این مناسب ترین آب جهت این عمل، آب مقطر است که از بخارات حاصله از تله های بخار (۲) و دستگاههای تهویه و خنک کننده واحدها بصورت آب مقطر داغ پس از تبادل حرارتی، بصورت آب مقطر سرد به مخزن مخصوص وارد میشود .

در زیر اختصاراً به بررسی روش های مختلف تصفیه آب می پردازیم .

#### تصفیه توسط آهک - سودا

در این سیستم بر حسب نوع ترکیبات موجود در آب از آهک ، سودسوزآور و نمک قلیا استفاده میشود که از یک ، دو یا هر سه این مواد در دو روش تصفیه سرد و تصفیه گرم استفاده میکنند .

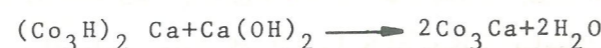
#### تبادل یونی

این روش بصورت تبادل بین بین املاح سخت کلسیم و منیزیم یا نمک سدیم ( نمک طعام ) انجام میگردد این عمل به کمک زئولیتها (۳) انجام میشود. در این فرآیند، سدیم جانشین کلسیم و منیزیم در بنیان نمکها میگردد.

بیشترین سختی آب شهر بین کلسیم بصورت کربنات و بی کربنات میباشد و با سختی حدود 130 - 180 P.P.M به پالایشگاه وارد میشود. در صورت بارندگی و در نتیجه گل آلود شدن آب ممکن است سختی کمی بیش از این مقدار هم بشود .

#### فیلترها

آب شهر با سختی 130-180 P.P.M وارد برج واکنش (۴) میشود. ورود آب به برج طوری است که از بالا بصورت ذرات افشاننده و با انبساط زیاد وارد میشود چون در این حالت تبادل حرارتی زودتر انجام میشود، برای گرم کردن آب، بخار با فشار ۵ پوند بر اینج مربع به آن میخورد و چون حرارت بالا است واکنشهای بعدی سریعتر انجام میشود و آب تا حدود 220 گرم میشود. این عمل باعث میشود که گازهای موجود در آب مانند اکسیژن و گاز کربنیک از آب جدا شده از لوله بعدی برج خارج گردد. همچنین مقداری آهک و اکسید منیزیم هم از بالا به آب برج زده میشود. آهک باعث میشود بی کربنات ها به کربنات های غیر محلول تبدیل گردند و پس از ترسیب واکنش از قسمت ته برج که بصورت طیف است خارج شوند.



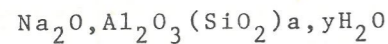
اکسید منیزیم باعث میشود سیلیکاتهای سخت منیزیم و کلسیم جدا شده و از محیط خارج شوند آب خروجی از این قسمت با سختی حدود 40-50 P.P.M خارج میگردد. برای حذف املاح و رسوبات معلق احتمالی در آب حاصل از فرآیند پیشین وارد چهار عدد صافی میگردد حرکت مایع در این صافیها از بالا به پائین است که ضمن حرکت املاح معلق توسط زغالهای موجود در صافی گرفته میشوند.

#### فیلترهای زئولیت

آب خروجی از صافی با فشار قابل تنظیم در حدود

۵۰ پوند بر اینج مربع وارد چهار مخزن زئولیت میشود که ضمن عبور از بالا به پائین و تماس با زئولیتها سختی آن گرفته شده و آب بدون سختی برای ذخیره و مصرف از دستگاه خارج میشود.

در قسمت فیلترهای زئولیت يك عمل تبادل یونی اتفاق می افتد . زئولیت که مجموعه ای از نمکهای سیلیسی سدیم و آلومینیومی بفرمول :



است که باعث جذب یونهای  $\text{Ca}^{++}$  و  $\text{Mg}^{++}$  موجود در آب و جانشین شدن آنها با یونهای  $\text{Na}^+$  موجود در زئولیت میشود.

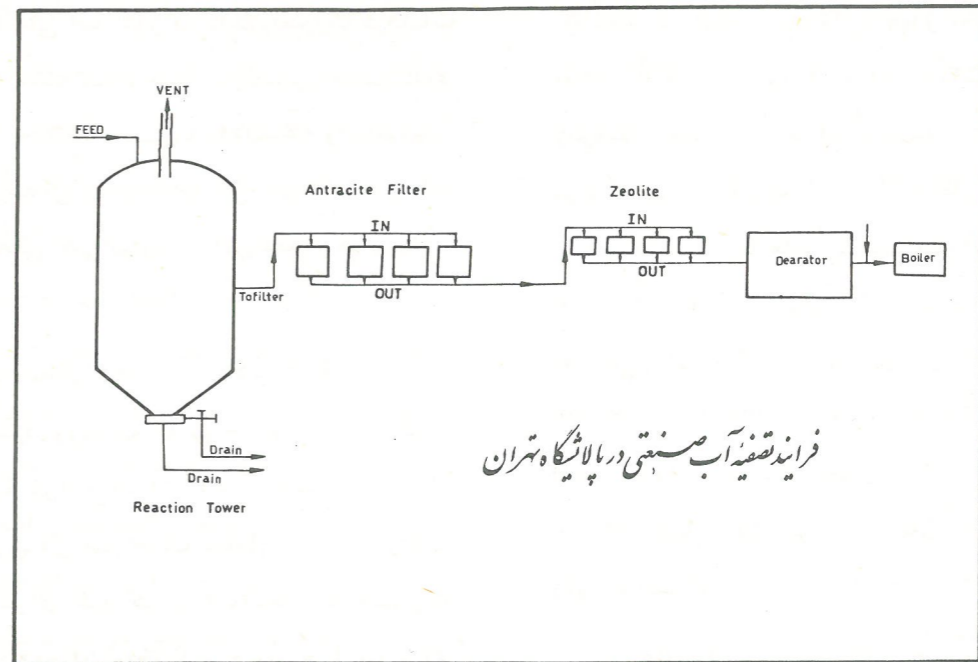


و بدین ترتیب املاح سخت کلسیم و منیزیم تبدیل به املاح نرم قلیائی سدیم میگرددند و آب سخت تبدیل به آب نرم میشود. این عمل تا وقتی ادامه می یابد که بین رزین ها و آب ورودی، به مخزن اختلاف غلظت یونی وجود داشته باشد و سختی آب خارج شده از زئولیت بیش از ۲ - ۱ نباشد، درحالی که این غلظت بیشتر از 2 P.P.M شده غلظت بین های سدیم و زئولیت باندازه ای کم میشد که دیگر تبادل یونی متوقف شده و به املاح سخت بدون هیچ تغییری از صافی ها عبور میکند و باید با وارد کردن مقداری نمک طعام به صافی ها آنرا احیاء و آماده تبادل یونی نمود.



این عمل تا آنجا ادامه می یابد که سختی آب خارج شده از صافیهای زئولیت به حداقل ممکن برسد. آب خروجی در مخزنی ذخیره و سپس به مقدار احتیاج توسط پمپ به هواگیری (۴) فرستاده میشود.

فرایند تصفیه آب صنعتی در پالایشگاه تهران



#### هواگیری

در این قسمت بخار آب با فشار ۵ پوند بر اینچ مربع به آب وارده از صافیهای ژئولیت میخورد که باعث گرم شدن و همچنین خروج حبابهای بزرگ گاز کربنیک و هوا از داخل آب میشود ولی حبابهای کوچک هوا اگر در داخل دیگ بخار بماند باعث زنگ زدگی و در نتیجه شکنندگی دیگ بخار میشود.

بنابر این جهت برطرف کردن حبابهای کوچک هوا مقداری سولفیت سدیم ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) در مواقع خروج آب از هواگیری بآن تزریق میشود که با اکسیژن هوا ترکیب و تشکیل سولفات ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) مینماید. مقداری از آن توسط تانک نالکوبه ترکیبات فسفات محلول تبدیل و اضافه آن که نامحلول است از فاضلاب سرد دیگ بخار تخلیه میشود آب خارج شده از هواگیری به قسمت دیگهای بخار وارد میشود. در سر راه خود مقداری نالکو (Nalco) بصورت فسفات جهت گرفتن سختی های احتمالی باقیمانده در آب و برای جلوگیری از ایجاد کف مقداری نالکو بصورت فسفات بآن اضافه میشود که تشکیل پدیده ای میدهد تا سختی ها بجدار دیگ رسوب ننمایند در ضمن سختی های کلسیم

را بصورت فسفات کلسیم در قسمت پائین دیگ بخار رسوب میدهد که تخلیه میشود.

ضمناً یادآوری شده که بخارات حاصله از سرد کننده های سطحی<sup>(۵)</sup> واحدها تبدیل به آب مقطر سرد<sup>(۶)</sup> میشود و توسط پمپ مستقیماً به هواگیری فرستاده میشود. در هواگیری ممکن است مخلوط آب مقطر سرد و یا آب مقطر گرم که از واحدها میآید حاوی مقداری ناخالصی باشد که در نتیجه سختی کل و مواد جامد محلول کل آب را زیاد میکند. باممکن است مقداری روغن یا سودا یا آهن را با خود بدهد هواگیری بیاورند که در دیگهای بخار اختلال ایجاد خواهد کرد.

#### دیگهای بخار

آب خروجی از قسمت هواگیری با ۷۰ P.P.M مواد جامد محلول کل به دیگهای بخار وارد میشود. در اینجا آب بجوش میآید و املاح موجود محلول در آنها پس از بخار شدن مقداری از آب غلیظ تر میشوند که باعث بالا رفتن T.D.S در دیگهای بخار میشوند و باید برای از بین بردن آنها مرتب آنرا تخلیه

کرد ولی چون آب موجود در دیگهای بخار آب صنعتی است و تهیه آن مخارج زیادی را در بر میگیرد باید مقدار تخلیه بحدی باشد که T.D.S را کنترل نماید در ضمن اگر میزان تخلیه کم باشد T.D.S بالا رفته و مقداری از املاح محلول با بخارات حاصله از جوش آب بخارج رفته و روی پره توربین ها رسوب می نمایند. در دیگهای بخار سختی کل باید خیلی کم باشد.

#### آب خنک کننده

برای آب خنک کننده یک برج تبدیل وجود دارد که در آن از آب خام استفاده میشود. سیستم آب خنک کننده یک مدار بسته است که آب در این قسمت توسط پنکه خنک شده بواحدها فرستاده میشود. در واحدها آب بدلیل عبور از مبدل های حرارتی گرم شده به قسمت اولیه مخزن برمیگردد که مجدداً توسط پنکه خنک میشود و این عمل همچنان ادامه می یابد. آبی که بصورت بخار از سیکل خارج میشود را با اضافه کردن مقداری آب جبران می نمایند. برای از بین بردن جلبک و باکتریهای موجود در آب کلر تزریق میشود بخاطر اینکه املاح محلول در آب در مسیر

حرکت خود روی شبکه ها و لوله ها رسوب نکنند مقداری اسید سولفوریک به آب اضافه می کنیم اگر مقدار آن زیاد شود باعث ایجاد خوردگی لوله ها میشود که برای جلوگیری از خوردگی مقداری نالکو به آب اضافه میکنیم تا با تشکیل یک لایه لزوج روی سطح شبکه ها و لوله ها از خوردگی آنها جلوگیری نماید.

باید برای جلوگیری از رشد باکتریها و جلبکها همیشه pH را بین ۸/۳ - ۷/۸ نگهداشت که با زیاد شدن pH مقدار اسید تزریقی اضافه میشود و اگر pH از ۷/۸ کمتر باشد اسید کمتری تزریق میشود.

آب خنک کننده ها موقع عبور از مبدل های حرارتی ممکن است در اثر سوراخ بودن لوله ها به مقداری مواد نفتی آلوده شود که جرعه ای میتواند باعث مشغول شدن آن گردد. برای جلوگیری از این مسئله میتوان با دقت در رنگ و بوی آب از این کار پیشگیری کرد و برای اطمینان خاطر باید آزمایش مقدار هیدروکربور روی این آبها انجام پذیرد. حداکثر T.D.S آبهای خنک کننده ۹۰۰ P.P.M است ■

۱- اگر عوامل سختی از آب گرفته نشود آب در اثر حرارت تبخیر شده و املاح سختی بصورت رسوب به جدار داخلی ظروف و لوله های دیگ بخار می چسبند و رفته رفته قشری بوجود میآورند که مانع تبادل حرارت از منبع حرارتی به آنها میگردد، لذا جدار خارجی لوله های آب حرارت را گرفته ولی به آب منتقل نمی کند و این ازدیاد حرارت سطحی باعث نرم شدن و متورم شدن لوله ها میگردد و در اثر فشار داخلی لوله ها می ترکند.

۲- Steam trap

۳- Zeolite

۴- Reaction tower

۵- با کنترل عوامل Pb, Pa, M میتوان تزریق آهک را کنترل نمود.

Pa (Phenol alkalinity) برابر است با  $\text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{Co}_3$  یعنی نمودار کل قلیائیت و نصف کربناتها است و مقدار آن در  $100^\circ\text{C}$  از نمونه توسط تیترا با اسید سولفوریک نرمالیتته ۰.۰۵ در مجاورت فنل فتالین سنجیده میشود.

Pb (Phenol bariunity) برابر است با NaOH که نمودار کل قلیائیت است و فقط مقدار OH را در برج فعل و انفصالات مشخص می نماید و مقدار آن در  $100^\circ\text{C}$  نمونه بعطت اضافه کردن کلرور - باریم بغیر از OH تمام املاح دیگر را از فعل و انفعال خارج می نماید که پس از اضافه کردن فنل و بعد از ده دقیقه با اسید سولفوریک نرمالیتته ۰.۰۵ تیترا میشود.

M (NaOH + Co<sub>3</sub>) برابر است با کل قلیائیت با اضافه کل کربناتها و مقدار آن در  $100^\circ\text{C}$  در نمونه توسط تیترا با اسید سولفوریک نرمالیتته ۰.۰۵ در مجاورت مصرف ۴/۵ با مپتل اورانژ سنجیده میشود. رابطه زیر در حالتی که دستگاه فعل و انفعال کاملاً نرمال باشد صدق میکند.

$$2Pa - Pb = M$$

$$2(\text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{Co}_3) - \text{NaOH} = \text{NaOH} + \text{Co}_3 = M$$

اگر  $2Pa - M = Pb$  منفی شود نتیجه میگیریم که Pa کم است یعنی قلیائیت کم و بی کربنات زیاد

است. باید با اضافه کردن مقدار آهک تزریقی قلیائیت را زیاد نمود، برعکس اگر Pa زیاد شود مقدار آهک تزریقی را کم می نمایم.

۶- Surface condenser

۷- Cold condensate

۸- در دیگهای بخار آزمایشهای کنترل دیگری نیز میبایست صورت گیرد که بقرار ذیل است:

- از دیاد آهن در دیگهای بخار ممکن است بخاطر اکسیده شدن جدار لوله ها باشد که در این حالت مخزن هواگیری خوب کار نمیکند.

- آزمایش  $\text{SO}_3$  در دیگهای بخار برای آنت است که مشخص شود آیا به هواگیرها سولفیت جهت جذب جبابهای اکسیژن زده شده است یا خیر؟

- آزمایش  $\text{PO}_4$  برای آنت است که ببینیم آیا نالکو یا فسفات جهت از بین بردن کف ناشی از اثر حرارت و جذب سولفات به هواگیری خورده است یا نه؟