

منابع آب
 آب‌های زیرزمینی: دارای سوار کللول معدنی بسیار
 آب‌های سطحی: دارای سوار آلی بسیار

نایاب‌های موجود در منابع آب
 جامدهای معلق و طولانی: در آب حل نشده و می‌توان با تصفای کربن جذب باعث کدردی و ایجاد ریزش می‌شود
 سوار کللول در آب: سوار معدنی یا آلی
 بازهای موجود در هوا
 بر اثر جو شدن از آب خارج می‌شوند
 فصل اول
 آب و خواص آن

۱-۱ مقدمه

بعد از انسان، آب شاید یکی از اجزاء بی نظیر جهان هستی باشد. آب از دو عنصر اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده است که این دو عنصر در شرایط معمولی بصورت گاز می‌باشند. عنصر هیدروژن قابل اشتعال است در حالیکه اکسیژن برای سوختن ضروری است با این وجود آب آتش را خاموش می‌کند. انسان و سایر حیوانات و همچنین گیاهان بدون آب نمی‌توانند به حیات خود ادامه دهند صنایع بدون آب نمی‌توانند به موجودیت خود ادامه دهند در عین حال آب باعث مشکلات زیادی در صنایع می‌شود.

در بررسی دقیق خصوصیات آب همواره سئوالات زیر مطرح می‌گردد:
 آب چیست؟ از کجا می‌آید؟ چگونه و در چه شرایطی باید آب را در خانه مصرف نمود؟ آب صنعتی باید چه خصوصیتی داشته باشد؟ چگونه باید با مشکلات ناشی از آب در صنعت مواجه شد؟ سرنوشت آب مصرف شده به کجا می‌انجامد و با جریان فاضلاب چه باید کرد؟

آب ماده‌ای حیاتی است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد وزن انسان رشد یافته را تشکیل می‌دهد و بعد از اکسیژن مهمترین ماده برای زیستن می‌باشد. دو سوم سطح زمین را آب فرا گرفته و بطور کلی می‌توان گفت که منابع موجود آب دو

ساده و گویا جهت خوانندگان گرامی روشن گردد لذا تنها به بحث در مورد برخی از پارامترهای قابل لمس در خواص آبهای آشامیدنی اکتفا می‌نمائیم. خواص آب به دو دسته فیزیکی و شیمیائی تقسیم می‌گردد:

۱-۵ خواص فیزیکی آب

خوش طعم و خوش بو بودن آب دلیل بر خوبی آن نمی‌باشد. چنانچه آبی ممکن است خوش طعم و خوش بو باشد منتهی قابل نوشیدن نباشد و بالعکس برای نوشیدن خوب باشد منتهی خوش طعم و خوش بو نباشد. به طور کلی چهار حس انسان در مورد خواص فیزیکی آب قضاوت می‌کنند:

۱- حس بینایی (برای تشخیص رنگ و کدری)

۲- حس چشایی (برای تشخیص مزه)

۳- حس بویایی (برای تشخیص بو)

۴- حس لامسه (برای تشخیص حرارت آب)

۱-۵-۱ رنگ و کدری

رنگ

آب دارای رنگ سبز کم رنگ تا آبی می‌باشد هر رنگ دیگری به جز این به دلیل وجود مواد آلی و معدنی به صورت محلول یا معلق می‌باشد. رنگ طبیعی آب بسته به مقدار مواد آلی در آن از سبز به زرد یا قهوه‌ای تغییر می‌کند رنگ زرد به علت داشتن مقدار قابل توجهی اسیدهای آلی است و وجود مواد معدنی در آب کم است. بعضی از مواد معدنی از جمله آهن باعث تغییر رنگ آب به قهوه‌ای مایل به قرمز می‌شود در هر حال امکان دارد که آب به وسیله آهن و منگنز طبیعی و یا آلودگی با فاضلابها و ترکیبات حاصل از خوردگی تغییر رنگ دهد. آبهای رنگی برای استفاده در منازل مخصوصاً به منظور نوشیدن فوق‌العاده مضر و نامطلوب هستند مواد رنگی را می‌توان با عمل منعقد کردن، جذب به وسیله کربن فعال یا اکسیداسیون جدا نمود.

✓ رنگ زرد آب : به علت وجود زیاد اسیدیته آبی / سوار معدنی در آب کم است
✓ رنگ تیره ای مایل به قرمز : وجود آهن

اندازه گیری رنگ یک آب هیچگونه اطلاعاتی راجع به نوع جسمی که رنگ را ایجاد کرده نمی دهد.

برای اندازه گیری شدت رنگ، مقیاس استاندارد اختیاری به منظور مقایسه شدت رنگ با نمونه آب به کار رفته است یک رنگ پنج واحدی بدین معنی است که شدت رنگ آن برابر با شدت رنگ نمونه ای از آب مقطر که حاوی ۵ میلی گرم از پلاتین^۱ به صورت پتاسیم کلروپلاتینات^۲ در لیتر است، می باشد. رنگ آبهای آشامیدنی باید کمتر از ۱۵ واحد باشد.

حد قابل قبول رنگ برای آبهای آشامیدنی ۵ واحد رنگ و حداکثر میزان آن ۵۰ واحد رنگ می باشد.
 شدت رنگ : نمونه ای از آب محلول جادی ... علی مدام
از پلاتین به صورت پتاسیم کلروپلاتینات در لیتر است . کدوری

کدوری را می توان به صورت کمبود شفافیت یا درخشندگی تعبیر نمود اما نباید با رنگ اشتباه شود. یک آب ممکن است دارای رنگی تیره باشد اما کدر نباشد. کدوری به دلیل وجود مواد معلق فوق العاده ریز نامحلول در آب می باشد. تعداد کمی از آبها به طور مطلق فاقد مواد معلق می باشند ولی این حد ممکن است از مقادیر خیلی کم تا آنقدر که باعث تیرگی کامل آب گردد تفاوت کند. برای جدا کردن ذرات درشت که به آسانی ته نشین می شوند احتیاج به صاف کردن نیست چون با قرار دادن آب در مخازن و ته نشین شدن این مواد، می توان آنها را از آب جدا کرد. اما ذرات ریزتر را فقط با صاف کردن می توان جدا نمود که در بعضی مواقع این ذرات به حدی کوچک هستند که فقط با افزودن یک منعقدکننده یا دلمه کننده^۳ مانند آلومینیم سولفات به آب قبل از صاف کردن، امکان جدا نمودن این ذرات با صافی وجود دارد. اندازه گیری کدوری می تواند در تعیین

۱ - Platinum

۲ - Potassium Chloro Platinate

۳ - Coagulant

کدوری آب ناشی از وجود سوار معلق فوق العاده
ریز نامحلول در آب است

ذرات درشت ته نشین می شوند در مخازن

ذرات ریزتر با صاف کردن

ذرات کوچکتر + منعقد کننده مثل $Al_2(SO_4)_3$ به آب قبل از صاف کردن

NTU (واحد کدري)

FTU (واحد کدري)

Nephelometric
Turbidity Unit

تعیین درجه کدري آب :

مقدار ذرات کلوئیدی که ته نشین نشده‌اند و قابل صاف کردن هم نیستند مفید باشد.

کدورت آب بعلت وجود مواد معلق و کلوئیدی در آب است. درجه کدري آبرا اغلب بدین روش تعیین می کنند که در کف استوانه‌ای بقطر ۲۵ میلی متر حروف استاندارد شده‌ای قرار می دهند و سپس در آن، آب مورد آزمایش را تا ارتفاعی می ریزند که دیگر خط نامبرده خوانا نباشد. در اینحال درجه کدورت آنرا برحسب ارتفاع مزبور معین می کند. حداکثر کدري مجاز آب آشامیدنی در این روش این است که نوشته تایپ شده در عمق ۳۰ سانتی متر زیر آب خوانده شود در استانداردهای دیگر حد قابل قبول کدورت برای آبهای آشامیدنی ۵ واحد و حداکثر میزان آن ۲۵ واحد کدورت تعیین گردیده است.

کدري آبهای صنعتی باید تا حد امکان کم باشد و این مسئله مخصوصاً در مورد آب دیگهای بخار مهم است، چون کدري که به وسیله ذرات ریز معلق بوجود می آید در آب دیگهای بخار تغلیظ شده و ممکن است به صورت لجنهای سنگین یا گل و لای ته نشین گردد این ذرات همچنین می توانند تولید کف نموده و با بخار حمل گردند این شرایط را می توان با زیر آب زدن^۱ به حداقل رساند.

در صنایع غذایی نیز باید کدري آب مورد استفاده کم باشد و گرنه محصولات انتهایی تحت تاثیر قرار خواهند گرفت در سیستمهای سردکننده نیز این جامدات ته نشین شده و مانع از تبادل حرارتی می گردند که در نتیجه باعث حرارت زیاد و بسته شدن لوله ها می شوند. این رسوبات به دلیل جلوگیری از نفوذ مواد ضدزنگ، می توانند باعث افزایش زنگ زدگی سیستمها گردند. عوامل ایجاد کدري های کلوئیدی را می توان با استفاده از منعقدکننده ها و سپس ته نشینی جدا نمود.

¹ - Blow down

واحد استاندارد کدری: خاک دیاتومه = ۹۰٪ دی سیلیسیم + ۱۰٪ سوار سیلیسیم
 جلبک عبور نور بر سیلیسیم - صفت در میلیون

✓ (واحد استاندارد کدری به صورت جلوگیری از عبور نور به وسیله یک قسمت در میلیون سیلیس نامحلول (خاک دیاتومه‌ای^۱ و یا خاک فولر^۲) تعریف می گردد که کدری آب قابل شرب باید کمتر از ۵ واحد باشد.

۱-۵-۲ بو ✓ حذف بو در تصفیه آب با سولفات مس از بین بردن آب ها مولد بو.

آب آشامیدنی باید بی بو باشد در برخی نقاط آبهای مشروب در اثر مجاورت با موادی چون توربها دارای بوی کمی می شوند که ممکن است خطرناک نبوده ولی باعث طعم نامطبوع آب گردد. آب دریاچه ها دارای بوی لجن می باشد که بایستی قبل از مصرف حذف گردد. آب منابع توزیع کننده نیز می تواند در اثر باقی ماندن آب در آنها دارای بوی مخصوصی شود بالاخره در شبکه های آبی ممکن است در اثر ماندن، آلهگهای رشد کند که ایجاد بو نماید.

حذف بو را در تصفیه آب، با اضافه کردن موادی چون سولفات مس برای از بین بردن آلهگهایی که مولد بو هستند انجام می دهند. در جریان تصفیه آب، برخی عملیات مانند اضافه کردن کلر فراوان خود می توانند مولد بو باشد که در چنین مواردی با خارج ساختن کلر قبل از مصرف باعث از بین بردن بوی بد آب می شوند بهر حال بوی آب آشامیدنی باید تا اندازه ای باشد که از طرف مصرف کنندگان مورد اعتراض قرار نگیرد.

منشاء بو و مزه عبارت است از:

- ۱- تحلیل رفتن مواد آلی
- ۲- جلبک های زنده و موجودات ذره بینی
- ۳- آهن و منگنز و محصولات فلزی حاصل از خوردگی
- ۴- آلودگی با فاضلابها بخصوص آنان که حامل مواد فنی می باشند
- ۵- کلر ضد عفونی کننده و ترکیبات دیگری که جایگزین آن می شود
- ۶- مواد سنتزی آلی که از نظر بیولوژیکی قابل تجزیه نمی باشند.

دلیل ایجاد بو و مزه

¹ - Diatomaceous earth

² - Fuller's earth

یک آب سالم باید فاقد بو و مزه باشد. آبی که مزه دارد معمولاً سخت است. بوهای مختلفی که در آب وجود دارد بنامهای مختلف خوانده می شود از جمله بوی ماهی، روغنی، خاکی و غیره. آبی که دارای مقدار زیادی سدیم بی کربنات باشد معمولاً به نام آب صابونی خوانده می شود. بی مزگی آب اصطلاحی است که بیشتر در مورد چشیدن آب به کار می رود تا بوی آن، و در مورد آبهایی که دارای کمبود اکسیژن هستند به کار برده می شود.

۱-۵-۳ مزه

از نظر طعم آب آشامیدنی نباید بی مزه باشد وجود املاح مختلف چون آهن، منگنز، نمک، کربنات و انیدرید کربنیک در آبهای مختلف مزه های گوناگونی را به آب می دهند که گاهی مطبوع و زمانی ناخوشایند است.

در بین مزه هائی که از منشاء آلودگی می باشد می توان نمونه هایی را که در اثر تغییرات مواد آلی گیاهی و حیوانی حاصل شده و در آبهای زیرزمینی وجود دارند نام برد. همچنین نفوذ مواد مختلف شیمیائی در زمین و شبکه های لوله کشی در هنگام عملیات لوله گذاری و تعمیرات آن ایجاد مزه های مربوطه را می نماید. گاهی اوقات ضد عفونی آب با کلر نیز می تواند ایجاد ترکیبات کلره و مزه بد آب را بنماید.

بد مزگی آب بسته به عادات مردم متغیر است غالباً بد مزگی آب بعلت وجود نمکها با مقادیر زیر شروع می گردد نمکهای آهن از ۰/۵ میلی گرم در لیتر، نمک خوراکی از ۳۰۰ تا ۴۰۰، سولفات کلسیم (گچ) از ۵۰۰ تا ۶۰۰، سولفات منیزیم از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و کلرید منیزیم از ۶۰ تا ۱۰۰ میلی گرم در لیتر مزه آب را تغییر داده و بد مزه می کنند.

آب با درجه سختی خیلی کم، حالت بی مزگی ناخوشایندی را می دهد. شوری آب نشانه وجود نمک خوراکی و تلخی آن دلیل زیادی ترکیبات منیزیم می باشد. آبهای قلیایی مزه آب صابون دارند در حالی که آبهای اسیدی ترش مزه هستند. وجود زیاد نمکهای آهن و آلومینیم مزه آب را گس می کنند در حالی که مزه

✓ آب ترش ← وجود اسید
✓ آب گس ← وجود Al و Fe

✓ آب شیرین و خوب ←
✓ آب تلخ ← وجود منیزیم
✓ آب صابون ← وجود قلیا

$$pH = -\log [H^+]$$

قلیایی خنثی اسیدی
 ۷ < ۱۴ < ۷ < ۰
 خورشی خورشی خورشی خورشی
 الف - قدرت اسیدی^۱ و pH

pH آب، قدرت اسیدی یا قلیایی آب را مشخص می‌کند. به طور دقیق pH لگاریتم عکس غلظت یون هیدروژن است. pH آب مهم است چون نشانگر این می‌باشد که آب از چه نوع قشرهایی عبور کرده است. pH آب خنثی برابر ۷ است آب با pH بالاتر از ۷ خاصیت قلیایی و با pH پایین‌تر از ۷ خاصیت اسیدی دارد pH بیشتر آبهای طبیعی در حدود ۶-۸ می‌باشد اگرچه pH پایین‌تر نیز در هنگامی که آب دارای غلظت زیاد کربن دی‌اکسید باشد امکان‌پذیر است. بسیاری از واکنشهای شیمیایی و بیولوژیکی که در آب انجام می‌گیرد به وسیله pH قابل کنترل می‌باشد. معمولاً آبهای طبیعی که برای مصرف خوراکی استفاده می‌شود دارای pH حدود ۷ هستند pH آب برخی از چشمه‌های معدنی قلیایی تا ۱۱ و چشمه‌های اسیدی گرم تا ۱/۸ می‌رسد.

از آنجایی که pH نشانگر غلظت نسبی اسید و قلیای آب است بنابراین در تولید رسوب یا ایجاد خوردگی فوق‌العاده مهم می‌باشد. pH پایین آب باعث خوردگی بیشتر دستگاههایی که در تماس با آن هستند می‌گردد. pH بالا باعث ته‌نشین شدن کلسیم کربنات از محلول و در نتیجه تولید رسوب در روی لوله‌ها و دستگاههای تبادل حرارتی و مسیرهایی که آب از آن عبور می‌کند می‌گردد. آب دیگهای بخار معمولاً دارای pH حداقل ۱۰/۵ می‌باشد. این pH از خوردگی اسیدی جلوگیری کرده و به علاوه به اندازه کافی قلیایی است تا املاح مولد رسوب قبل از ورود به دیگهای بخار ته‌نشین گردند.

ب- قدرت قلیایی^۲

خاصیت قلیایی آب طبیعی بعلاوه وجود سه ترکیب موجود در آن است که عبارتند از:

^۱ - acidity

^۲ - Alkalinity

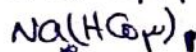
۱- کربناتها: (CO_3^{2-})

۲- بی کربناتها (HCO_3^-)

۳- هیدروکسیدها (OH^-) مثل سود و آهک

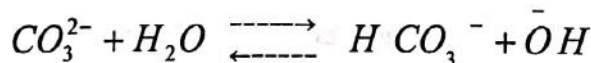
دلیل
قلیاییت
وجود

اگرچه ترکیبات دیگری مانند فسفاتها و سیلیکاتها و براتها ممکن است تولید خاصیت قلیایی نمایند ولی معمولاً برای سادگی همین سه ترکیب بالا را در نظر می گیرند در ضمن آبهای طبیعی معمولاً هیدروکسید نداشته و وجود چنین عاملی دلیل بر آلودگی آب طبیعی با فاضلابهای حاوی مواد قلیایی می باشد. قلیانیت آبهای طبیعی معمولاً به دلیل وجود کلسیم بی کربنات و منیزیم بی کربنات است ولی غالباً مقداری سدیم بی کربنات نیز همراه آنان می باشد. اساس وجود کلسیم بی کربنات و منیزیم بی کربنات به دلیل خاصیت حلالیت کربن دی اکسید موجود در آبهای سطحی است که مواد معدنی موجود در زمین مانند کلسیت $(CaCO_3)$ ^۴ و دولومیت $(MgCO_3)$ ^۵ را حل کرده و تولید کلسیم بی کربنات و منیزیم بی کربنات می نماید.



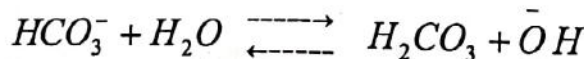
^۱ - Carbonates.

خاصیت قلیایی کربناتها به دلیل هیدرولیز آنها در محیط آبی مطابق فرمول زیر است:



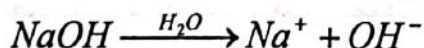
^۲ - Bicarbonates.

خاصیت قلیایی بی کربناتها به دلیل هیدرولیز آنها در محیط آبی مطابق فرمول زیر است:



^۳ - Hydroxides.

خاصیت قلیایی سود به دلیل هیدرولیز در محیط آبی مطابق فرمول زیر است:



^۴ - Calcite.

^۵ - Dolomite.

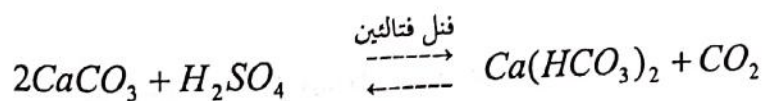
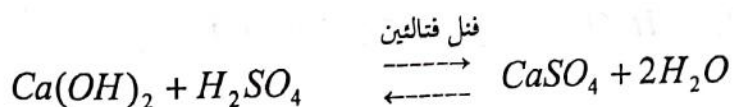
قدرت قلیایی آب به کمک تیتراسیون توسط H_2SO_4 و شناساگرها

فصل فتالین و صفت اولریت (زرد-صورتی) OH^-

قدرت قلیایی آب را با عمل تیتراسیون به وسیله سولفوریک اسید استاندارد و استفاده از شناساگر مناسب تعیین می کنند ولی باید توجه داشت که این آزمایش هیچ یون مشخصی را در آب تعیین نمی کند و فقط نشانگر قدرت قلیایی آب می باشد. در تیتراسیون، تبدیل یونهای کربنات تفکیک شده (CO_3^{2-}) به کربنیک اسید تفکیک نشده در دو مرحله انجام می گیرد. در مرحله اول یونهای کربنات در محلول، هرکدام یک هیدروژن گرفته و تبدیل به یونهای بی کربنات (HCO_3^-) می شوند.

یونهای هیدروژن مورد نیاز با افزایش اسید در عمل تیتراسیون تأمین می گردد. با افزودن تدریجی اسید، مقدار یونهای کربنات کم می شوند تا زمانی که تماماً تبدیل به بی کربنات شوند. در این نقطه افزایش مقدار کمی اسید، کاهش نسبتاً زیاد در pH ایجاد می کند که نشانگر کامل شدن مرحله اول است. این نقطه پایانی معمولاً در $pH = 8.2$ است و می توان آن را با استفاده از شناساگری مناسب (مانند فنل فتالین) که در این حدود تغییر رنگ دهد، مشاهده نمود. در این مرحله همچنین تمام هیدروکسیدها، در صورت وجود، با اسید واکنش می کنند و در نتیجه در اثر وجود OH^- در آب مقدار اسید مصرفی در این مرحله خیلی بیشتر خواهد بود.

واکنشهای شیمیایی زیر در این مرحله انجام می گیرد:



در واقع با استفاده از اسید استاندارد و شناساگر فنل فتالین می توان قلیائیت برحسب فنل فتالین را که نشانگر قدرت قلیایی آب مربوط به هیدروکسیدها و نصف کربناتهاست تعیین نمود. این قلیائیت را به PA¹ نمایش می دهند.

¹ - PA = PHe nolphtaleic Alkalinity

LSI < 0 → حوضه رسوب
 LSI = 0 → عدم رسوب / عدم خوردگی
 LSI > 0 → رسوب

$$LSI = PH - PHS$$

$$PHS = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

$A = \log_{10} TDS$ (میلیت ص)
 $B = \log_{10} Ca$ (میلیت ص)
 $C = \log_{10} Mg$ (میلیت ص)
 $D = \log_{10} (CO_3 + HCO_3)$ (میلیت ص)

البته باید توجه نمود که هیدروکسیدها و بی کربناتها نمی توانند با هم در محلول موجود باشند زیرا هیدروکسیدها بر روی بی کربناتها اثر کرده و آنان را تبدیل به کربنات می نمایند.



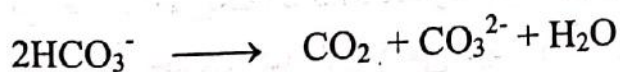
هنگام محاسبه قلیائیت یکی از سه حالت زیر اتفاق می افتد:

۱- اگر قلیائیت فنل فتالین موجود نباشد، فرض می شود که تمام قلیائیت، قلیائیت بی کربنات است.

۲- اگر قلیائیت فنل فتالین موجود باشد فرض می شود دو برابر قلیائیت فنل فتالین، در صورتی که مساوی و یا کمتر از قلیائیت متیل اورانژ باشد قلیائیت کربنات است.

۳- اگر دو برابر قلیائیت فنل فتالین بیشتر از قلیائیت متیل اورانژ باشد مقدار اضافی برابر قلیائیت هیدروکسید فرض می شود.

در آبهای سطحی طبیعی قلیائیت فنل فتالین وجود ندارد و قلیائیت متیل اورانژ نیز کم است. آب چاهها معمولاً دارای قلیائیت متیل اورانژ بیشتری از آبهای سطحی هستند ولی فاقد قلیائیت فنل فتالین میباشند. آبهای دیگری بخار به دلایل زیاد باید فاقد قلیائیت زیاد متیل اورانژ باشند یکی از دلایل آن مقدار CO_2 موجود در بخار است. تحت اثر حرارت در دیگهای بخار بی کربنات شکسته شده کربنات و کربن دی اکسید تولید می شود.



کربنات حاصله نیز تجزیه شده و دوباره تولید کربن دی اکسید و هیدروکسید می نماید که این کربن دی اکسید نیز وارد بخار می گردد. کربن دی اکسید موجود در بخار آب باعث زنگ زدگی لوله های بخار می شود و به علاوه وقتی که بخار سرد می شود کربن دی اکسید در مایع حل شده و تولید اسید کربنیک می نماید که این عمل باعث پایین آمدن pH و در نتیجه زنگ زدگی لوله های آب برگشتی

۱۷ سطح رسوب $RSI = 2PHS - PH$

↑ منبای سنجش ضعیف و رسوب

۶ < RSI < ۷ یا بار

$RSI > 7$ خورنده
 $RSI < 6$ رسوب نثار

قلیائیت ریسکار باید به اندازه کافی بالا باشد تا از خوردگی جلوگیری
 و به اندازه کافی پایین باشد تا از حمل مواد جامد توسط بخار و شلندگی ملامتی بدنه

می گردد. چون مقدار کربن دی اکسید آزاد شده در بخار مستقیماً به قدرت قلیایی
 آب دیگ بخار بستگی دارد، بهتر است که قدرت قلیایی آب برای دیگهای بخار
 تا حد مورد نیاز نگه داشته شود.

(قلیائیت آب دیگهای بخار باید به اندازه کافی زیاد باشد تا از خوردگی
 اسیدی فلزات دیگهای بخار جلوگیری شود در ضمن نمی توان قلیائیت آب
 دیگهای بخار را زیاد بالا برد چون علاوه بر عوامل فوق، به دلایل افزایش مقدار
 کل مواد جامد حل شده در آب دیگهای بخار باعث حمل مواد توسط بخار شده
 و علاوه بر آن قلیائیت زیاد باعث شکنندگی قلیایی و در نتیجه ترک در فلز دیگ
 بخار می گردد. بنابراین قلیائیت دیگ بخار را باید در حدی کنترل کرد که قلیائیت
 و به اندازه کافی بالا باشد تا از خوردگی جلوگیری کند به اندازه کافی پایین باشد
 تا از حمل مواد جامد توسط بخار و شکنندگی قلیایی بدنه دیگ جلوگیری شود.
 میزان قلیائیت دیگ بخار، با توجه به فشار دیگ متغیر است در فشارهای بالا
 میزان قلیائیت مجاز کاهش می یابد.

در سیستمهایی که آب سردکننده جریان دارد قلیائیت کل در ته نشینی کلسیم
 کربنات و تولید رسوب اهمیت دارد هرچه قلیائیت زیادتر باشد تمایل برای
 رسوب کلسیم کربنات زیادتر است در هنگامی که از اسید برای کم کردن قلیائیت
 استفاده می شود باید مرتباً مقدار قلیائیت آب اندازه گیری شود تا بتوان مقدار
 اسیدی را که باید به آب سیستمهای سردکننده اضافه کرد، محاسبه نمود.

EC واحدش $\mu S/cm$
 ۱-۶-۲ قابلیت هدایت الکتریکی آب یعنی از حضور یون در آب = کل مواد حل شده در آب

قابلیت هدایت الکتریکی معیاری جهت سنجش توانایی یک محلول برای
 انتقال جریان الکتریکی است از آنجایی که این توانایی تابعی از حضور یونهای
 موجود در یک محلول می باشد اندازه گیری قابلیت هدایت الکتریکی نشانگر
 خوبی در مورد کل مواد حل شده در آب به شمار می آید. واحد قابلیت هدایت
 الکتریکی میکروزیمنس بر سانتیمتر $\mu S/cm$ می باشد. ($\mu m/cm$ میکروموس بر

سانتیمتر) $EC = \text{Electrical Conductivity}$ = هدایت برنج (لذا الکتریسیته متر)

$EC = 2 \text{ TDS}$

$\frac{\mu S}{cm}$ یا $\frac{MS}{cm}$

- آب خالص $EC = 0$
- آب عطر $EC = 1$
- آب $EC = 20-40$

قابلیت هدایت الکتریکی تابعی از حرارت است که در موقع اندازه‌گیری آن باید درجه حرارت (معمولاً ۲۵ یا ۲۰) قید شود یکی از مزایای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، انجام آن در محل نمونه‌برداری و سهولت کنترل مداوم آن می‌باشد.

۳-۶-۱ خاصیت خوردندگی

در بین عوامل فراوان خوردندگی، سه صفت ویژه آب خام در خوردندگی فلزات دخالت دارد:

- ۱- pH پایین یا اسیدی بودن آب
 - ۲- CO_2 آزاد بالا، یعنی CO_2 زیاد
 - ۳- عدم وجود سختی و قلیائیت موقت
- آبهایی که دارای خاصیت خوردندگی می‌باشند عبارتند از: آبهای سبک مردابی، آبهای چاههای کم عمق دارای pH پایین با سختی موقت کم و سختی دائم زیاد، آبهای آهن‌دار، آبهای گچ و آهک‌دار با محتوای CO_2 بالا، آبهای حاوی ماسه سبز و زغال سنگ و آبهای دارای کلر و یا کلر آزاد باقیمانده.
- برای آزمایش خاصیت خوردندگی آب می‌توان آن را مدتی در تماس با پودر سنگ مرمر یا گچ قرار داد.

۴-۶-۱ مواد معلق

مواد معلق آب مقدار ذرات را در آن معین می‌کند. این مواد شامل مواد آلی و غیر آلی مثل پلانکتون، خاک و گل و لای می‌باشند. غلظت مواد معلق در آبهای سطحی بستگی به فصول مختلف و چگونگی جریان آب دارد رودخانه‌هایی که در حال طغیان می‌باشند چندین هزار میلی‌گرم در لیتر مواد معلق دارند. مواد معلق موجود در آب معمولاً براساس معیار وزنی - حجمی اندازه‌گیری می‌شوند.

عوامل ایجاد خوردگی در آب

- (۱) pH پایین (اسیدی بودن)
- (۲) CO_2 آزاد زیاد
- (۳) عدم وجود سختی و قلیائیت موقت

تولید اسید → آب + پودر سنگ مرمر (ککیم کربنات)

تغییرات در pH در معادله کم شدن حلالیت مواد محلول در آب^۱ و ایجاد رسوب

۱-۶-۵ خاصیت حلالیت آب

آب یک حلال عمومی می باشد زیرا تمام مواد کم و بیش (بسته به مقدار ثابت حلالیت آنها^۱، K_{sp}) در آب حل می شوند. آب به علت قدرت حلالیت زیاد قادر است مقدار قابل ملاحظه ای از نمکهای معدنی و تقریباً مقداری از تمام موادی را که در تماس با آن قرار می گیرند در خود حل نماید.

به طور کلی ترکیباتی که قادر به یونیزه شدن باشند به علت خاصیت قطبی آب (دارا بودن قطب مثبت و منفی) در آب بهتر حل می شوند و بقیه ترکیبات نیز کم و بیش حلالیتی در آب دارند. حلالیت یک ترکیب به خصوص در آب به درجه حرارت، فشار، pH و غلظت بستگی دارد و با این عوامل می توان حلالیت را کنترل نمود حلالیت آب به علت وجود CO_2 در آن در بسیاری موارد تقویت شده و باعث افزایش انحلال املاحی نظیر نمکهای کلسیم و منیزیم و غیره می گردد. همچنین وجود مواد آلی مانند اسیدهای آلی می تواند باعث افزایش قدرت حلالیت آب گردد به طور مثال هیومیک اسید^۲ ($C_9H_{10}O_4$) می تواند حلالیت سیلیکاتها را در آب زیاد نماید. تغییرات ناگهانی در پارامترهایی مانند pH، درجه حرارت و غیره باعث کم شدن حلالیت مواد محلول در آب گردیده و در نتیجه جسم حل شده ته نشین گردیده و رسوب^۳ حاصل می شود.

علاوه بر خاصیت حلالیت، آب دارای قدرت حمل کنندگی نیز بوده و قادر به حمل مواد معلق در خود می باشد بنابراین آب معمولاً دارای مقدار زیادی مواد محلول و مواد معلق می باشد که باعث ناخالصی آن می گردند. بنا به دلایل فوق آب خالص در طبیعت نایاب است.

¹ - Solubility Product.

² - Humic Acid.

³ - Scale.

۷-۱ ناخالصی های موجود در آب^۱:

آبهای طبیعی هیچوقت به طور کامل خالص نبوده در طی عبور خود در روی سطح زمین یا داخل زمین مقدار زیادی ناخالصی را به صورت محلول^۲ یا کلوئیدی^۳ و یا معلق^۴ در خود نگه می دارند. همانطوری که ذکر شد این اثر به علت خاصیت حلالیت آب و قدرت حمل کنندگی آن حاصل می گردد.

ناخالصی های موجود در آب بر حسب حالت فیزیکی به سه دسته: ۱- جامد، ۲- مایع و ۳- گاز تقسیم می گردند:

۱- جامد

ناخالصی در آب ۲- مایع

۳- گاز

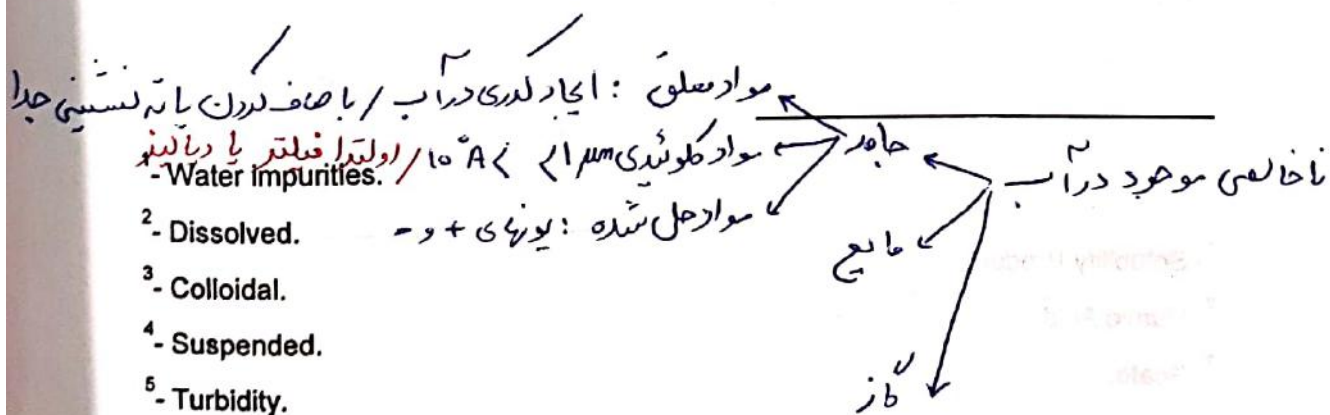
ناخالصی های جامد موجود در آب از نظر اندازه به سه دسته تقسیم می شوند:

۱- مواد معلق

ناخالصی های جامد موجود در آب: ۲- مواد کلوئیدی

۳- مواد حل شده

۱- موادی را معلق گویند که ذرات آن به حدی درشت باشد که قابل دیدن توسط چشم غیر مسلح یا میکروسکوپیهای معمولی باشد این مواد را می توان با صاف کردن یا ته نشینی جدا نمود این مواد می توانند شامل گل و شن و خاکهای معدنی و آلی و حیوانات ریز و انواع ماهی ها باشند و در آب ایجاد کدری^۵ نمایند.



سختی آب : ① سختی موقت : سختی کربناتی
 ↓
 کربنات کلسیم و منیزیم + حرارت → یونهای منیزیم و کلسیم

سختی دائم به واسطه وجود عناصری چون سولفات و کلریدهای منیزیم و کلسیم که در اثر جوشیدن رسوب نمی دهند، پدید می آید. سختی معمولاً بر حسب mg/lit کربنات کلسیم بیان می شود. جدول (۱-۲) تقسیم بندی سختی آبها را نشان می دهد

جدول شماره (۱-۱)، منشأ و چگونگی حالت مواد موجود در آبهای طبیعی

منشاء	معلق	کلوئیدی	گاز	یونهای مثبت	یونهای منفی
سنگهای معدنی و صخره ها	گل - شن دیگر خاکهای معدنی	گل، SiO_2 , Fe_2O_3 MnO_2 , Al_2O_3	CO_2	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}	HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , HSiO_3^- , H_2BO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , OH^- , F^-
از اتمسفر			N_2 , O_2 , CO_2 , SO_2	H^+	HCO_3^- , SO_4^{2-}
از تجزیه های آلی	خاکهای آلی	اجسام رنگی گیاهی، اجسام آلی دور ریختنی	CO_2 , NH_3 , O_2 , N_2 , H_2O , CH_4 , H_2	Na^+ , NH_4^+ , H^+	رادیکالهای آلی Cl^- , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- , OH^- , HS^-
ارگانیسمهای جاندار	ماهی، جانوران بسیار ریز	ویروسها باکتریها			

② سختی دائم : سختی غیرکربناتی

سولفات و کلریدهای Ca و Mg

③ سختی کل : مجموع سختی موقت و دائم

روشنی از بین بردن سختی آب : ① استفاده از سوار شیمیایی جهت جدا کردن یونهای Ca و Mg - $2H_2O$ ، فسفات سدیم

② هانسین کردن یونهای Ca و Mg آب یا سدیم - زرین

جدول شماره (۱-۲) تقسیم بندی سختی آبها
③ استفاده از نیروی مغناطیسی

میزان سختی	mg/lit $CaCO_3$
سبک	۰-۵۰
نیمه سبک	۵۰-۱۰۰
کمی سخت	۱۰۰-۱۵۰
نیمه سخت	۱۵۰-۲۰۰
سخت	بیش از ۲۰۰
بسیار سخت	بیش از ۳۰۰

معمولاً مسائل بوجود آمده در اثر افزایش سختی، مانند امکان تشکیل جرم در دیگ بخار و سیستم های آب گرم کن از نقطه نظر اقتصادی مورد توجه قرار می گیرد. آبهای سبکتر از ۳۰-۵۰ mg/lit میل به خوردگی در خود نشان می دهند، باید همواره از نقطه نظر قابلیت حل کردن برابر ۱۰۰ mg/lit برحسب کربنات کلسیم بوده و این مقدار به نظر کم و غیر سخت می آید. طبق نظریه دستورالعمل های حجم اروپایی حداقل غلظت سختی آب سبک شده ۶۰ mg/lit برحسب کلسیم می باشد (معادل ۱۵۰ mg/lit برحسب $CaCO_3$).

۹-۱ خواص بیولوژیکی آب

در آبهای طبیعی مخصوصاً آبهای سطحی در کنار مواد معلق، تعداد زیادی موجودات کوچک نیز یافت می گردند این موجودات ممکن است ریشه گیاهی یا حیوانی داشته باشند جدا کردن و گروه بندی آنها از نظر منشأ حیوانی و یا گیاهی داشتن بسیار دشوار می باشد زیرا تعدادی از آنها در حد فاصل بین دو حالت نامبرده قرار دارند بدین جهت تمام این موجودات زنده ذره بینی را میکروب می نامند. این موجودات به علت سادگی شکل زندگی خود، قدرت تکثیر پذیری زیادی دارا می باشند. تمام باکتریها و یا میکروبهای موجود در آب بیمارزا نیستند

فصل سوم

انواع و خواص فاضلابها و روشهای تعیین میزان آلودگی

فاضلابها بسته به شکل پیدایش و خواص آنها به سه گروه فاضلابهای خانگی، فاضلابهای صنعتی و فاضلابهای سطحی تقسیم می‌گردند.

۳-۱ فاضلابهای خانگی^۱

فاضلابهای خانگی خالص از فاضلاب دستگاههای بهداشتی خانه‌ها مانند: توالت‌ها، دستشویی‌ها، حمام‌ها، ماشین‌های لباسشویی و ظرفشویی، پساب آشپزخانه‌ها و یا فاضلاب بدست آمده از شستشوی بخش‌های مختلف خانه تشکیل شده‌اند. خواص فاضلابهای خانگی در سطح یک کشور تقریباً یکسان و تنها غلظت آنها بسته به مقدار مصرف سرانه آب در شهرها تغییر می‌کند.

آنچه در شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب شهری، به نام فاضلاب خانگی جریان دارد علاوه بر فاضلاب خانگی خالص دارای مقداری فاضلاب بدست آمده از مغازه‌ها، فروشگاه‌ها، تعمیرگاه‌ها، کارگاه‌ها، رستوران‌ها، و مؤسسه‌هایی مانند آنها نیز می‌باشد که اجباراً در سطح شهر و به طور پراکنده وارد کانال‌های

^۱ - Domestic Wastewater

جمع‌آوری فاضلاب می‌گردند. لذا با توجه به نوع و تعداد اینگونه مؤسسه‌ها ممکن است نوع فاضلاب در شهر تغییر کند چنین فاضلابی را فاضلاب خانگی ناخالص می‌نامند.

✓ رنگ فاضلاب - رنگ فاضلاب خانگی نشان دهنده عمر آن است فاضلاب تازه دارای رنگ خاکستری است پس از مدتی که فاضلاب گندیده و کهنه شد رنگ آن تیره و سیاه می‌گردد.

✓ بوی فاضلاب - بوی فاضلاب ناشی از گازهایی است که در اثر متلاشی شدن مواد آلی بوجود می‌آید. بوی فاضلاب تازه قابل تحمل تر از فاضلاب کهنه است بوی فاضلاب کهنه بیشتر ناشی از گاز هیدروژن سولفور می‌باشد که در اثر فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی و در نتیجه احیای سولفات‌ها به سولفیدها تولید می‌گردد. در صورتی که به فاضلاب هوا و اکسیژن کافی برسد باکتری‌های بی‌هوازی از فعالیت باز ایستاده و بجای آنها باکتری‌های هوازی مواد آلی فاضلاب را تجزیه می‌کنند و گاز کربنیک مهمترین گازی است که از کار این باکتری‌ها تولید می‌شود (لذا مانند آنچه در تصفیه خانه‌های فاضلاب رخ می‌دهد اگر اکسیژن کافی به فاضلاب دمیده شود، فاضلاب بی‌بو می‌گردد.)

✓ درجه اسیدی - فاضلابهای خانگی خالص و تازه معمولاً حالتی خنثی و یا متمایل به قلیائی دارند تنها در اثر ماندن و شروع عمل گندیدگی گازهای اسیدی (هیدروژن سولفور) تولید گردیده و pH فاضلاب کاهش یافته، خاصیت اسیدی پیدا می‌کند. هر چه دمای محیط بیشتر باشد عمل گندیدن و تعفن زودتر رخ می‌دهد در شرایط نسبتاً متعارفی عمل تعفن سه تا چهار ساعت پس از تولید فاضلاب شروع می‌شود.

✓ دمای فاضلاب - به علت اعمال زیستی دمای فاضلاب معمولاً بیش از دمای آب در همان محیط است. دمای فاضلاب در سردترین روزهای زمستان غالباً از ۱۰ درجه سانتیگراد کمتر نمی‌گردد و در روزهای معمولی دمائی در حدود ۲۰ درجه سانتیگراد دارد.

مواد خارجی در فاضلاب - در فاضلاب همیشه مقداری مواد خارجی به صورت محلول و یا نامحلول و معلق وجود دارد. مقدار مواد خارجی فاضلاب در حدود ۰/۱ درصد کل فاضلاب می باشد. مواد خارجی معلق نیز خود به دو گروه ته نشین پذیر و ته نشین ناپذیر تقسیم می شوند مواد معلق ته نشین پذیر نامیده می شوند که پس از ۲ ساعت توقف در ظرفی ته نشین شوند.

وزن مخصوص فاضلاب - با توجه به سبک بودن مواد خارجی موجود در فاضلاب و نیز وجود برخی گازهای محلول در آن، وزن مخصوص فاضلاب کمی کمتر از وزن مخصوص آب است و به حدود ۰/۹۹ تن بر متر مکعب می رسد. در عمل معمولاً وزن مخصوص فاضلاب را برابر آب فرض می نمایند.

موجودات زنده در فاضلاب - علاوه بر مواد خارجی همیشه در فاضلاب مقدار زیادی موجودات زنده ذره بینی مانند ویروس ها و میکروب ها (باکتری ها) وجود دارد که تنها قسمت کمی از این موجودات زنده ممکن است بیماری زا باشند.

از این گروه می توان باسیل حصبه، اسهال و وبا که جزو باکتریهای انگلی هستند را نام برد. دو گروه دیگر از موجودات زنده موجود در فاضلاب باکتری های هوازی و باکتری های بی هوازی حتی در تصفیه فاضلاب نقشی مثبت و بسیار کمک کننده دارند. تعداد موجودات زنده در یک سانتیمتر مکعب از فاضلاب شهری به یک تا چند میلیون نیز می رسد.

۲-۳ فاضلابهای صنعتی^۱

خواص فاضلابهای صنعتی و پساب کارخانه ها کاملاً بستگی به نوع فرآورده کارخانه دارد با توجه به این موضوع مهمترین تفاوت های پسابهای صنعتی با فاضلابهای خانگی عبارتند از:

الف - امکان وجود مواد و ترکیب های شیمیائی سمی در فاضلاب کارخانه بیشتر است

^۱ - Industrial wastewater

ب - خاصیت خوردندگی بیشتری دارد

ج - خاصیت قلیائی و یا اسیدی زیادی دارد

د- امکان وجود موجودات زنده در آنها کمتر می باشد

تنها قسمتی از فاضلاب کارخانه‌ها که تقریباً در تمام کارخانه‌ها خاصیت یکسان دارند، فاضلاب بدست آمده از تشکیلات خنک‌کننده آنها است. آلودگی این فاضلابها بسته به تعداد دفعه‌هایی که آب برای خنک کردن کارخانه بکاربرده شده است، متفاوت می باشد و معمولاً آلودگی آنها کمتر از فاضلاب‌های دیگر می باشد و بیشتر به صورت وجود مواد نفتی و روغن در آنها نمودار می شود.

در فاضلاب برخی از کارخانه‌ها مانند کارخانه‌های بهره‌برداری از معادن، کارخانه‌های فولاد سازی و کارخانه‌های شیمیائی بیشتر مواد خارجی را مواد معدنی تشکیل می دهند، در صورتی که در برخی دیگر از کارخانه‌ها مانند کارخانه‌های تهیه مواد غذایی و کارخانه‌های نشاسته سازی بیشتر مواد خارجی در فاضلاب، مواد آلی هستند. لذا بررسی مقدار مواد خارجی موجود در فاضلابهای صنعتی باید با توجه به مشخصات کارخانه بعمل آید. درجه آلودگی این فاضلابها می تواند گاهی چندین برابر و حتی دهها برابر آلودگی فاضلابهای خانگی باشد.

۳-۳ فاضلابهای سطحی (آبهای سطحی)^۱

فاضلابهای سطحی ناشی از بارندگی و ذوب یخ‌ها و برف‌های نقاط بلند هستند. این فاضلابها به علت جریان در سطح زمین و تماس با آشغال‌ها و کثافت‌های روی زمین و شستن سطح خیابان‌ها و پشت بام‌ها آلوده شده و مقداری مواد آلی و معدنی در آنها وجود دارد. لذا در شروع بارندگی درجه آلودگی فاضلابهای سطحی زیاد و پس از پاک شدن سطوح بارش، مقدار آلودگی آنها کاسته می شود.

بیشترین قسمت مواد خارجی را در این فاضلابها مواد معدنی مانند ماسه و شن تشکیل می دهند که در اثر شستشوی خیابان‌ها وارد فاضلاب می شوند.

¹ - Storm water

۳-۴ آزمایش فاضلاب^۱

(آلودگی فاضلاب‌ها بیشتر به واسطه وجود مواد آلی در آنها می‌باشد.) مواد آلی موجود در فاضلاب‌ها ناپایدار بوده و می‌توان آنها را با کمک اکسیژن‌دهی و اکسیداسیون تبدیل به نیتريت‌ها، نترات‌ها و فسفات‌ها و غیره کرده و سپس به صورت ته‌نشین کردن از فاضلاب جدا نمود. تبدیل‌های نامبرده که در ضمن آن مواد ناپایدار آلی تبدیل به مواد پایدار معدنی می‌گردند، اساس کار و هدف ایجاد پالایشگاه‌های فاضلاب را در شهرها تشکیل می‌دهند. برای نشان دادن درجه آلودگی فاضلاب معمولاً بجای اینکه مقدار مواد آلی موجود در فاضلاب را اندازه‌گیری کنند، مقدار اکسیژن لازم برای اکسیداسیون مواد نامبرده را اندازه‌گیری می‌کنند. در آزمایش تعیین درجه آلودگی فاضلاب نمی‌توان تمام اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون مواد اکسیدپذیر در فاضلاب را اندازه‌گیری نمود لذا اجباراً از روش‌های تقریبی استفاده می‌شود.

۳-۵ مهمترین روش‌های تعیین درجه آلودگی فاضلاب عبارتند از:

۳-۵-۱ تعیین مقدار بی - او - دی (BOD)^۲

همچنانکه پیش از این اشاره شد از جمله موجودات زنده فاضلاب دو گروه باکتری هستند که به تصفیه فاضلاب کمک می‌نمایند. گروه نخست باکتری‌های هوازی می‌باشند که اکسیژن محلول در فاضلاب را جذب کرده، مواد آلی را یا بصورت تغذیه و یا بوسیله ترشح دیاستازهای اکسید نموده و به ترکیبات پایدار معدنی تبدیل می‌نمایند. در این فعل و انفعال گاز CO_2 تولید و باکتری‌ها افزایش می‌یابند.

گروه دوم باکتری‌های بی‌هوازی هستند که اکسیژن مورد نیاز خود را از تجزیه نمک‌های موجود در فاضلاب بدست آورده، آنها را احیا می‌کنند. کار این

¹ - Testing of Sewage

² - Biochemical Oxygen demand

باکتری‌ها توأم با ایجاد گازهایی مانند اسید سولفیدریک (هیدروژن سولفور) و متان بوده‌اند. لذا این فرآیند همراه با تعفن و بوئی ناخوشایند می‌باشد.

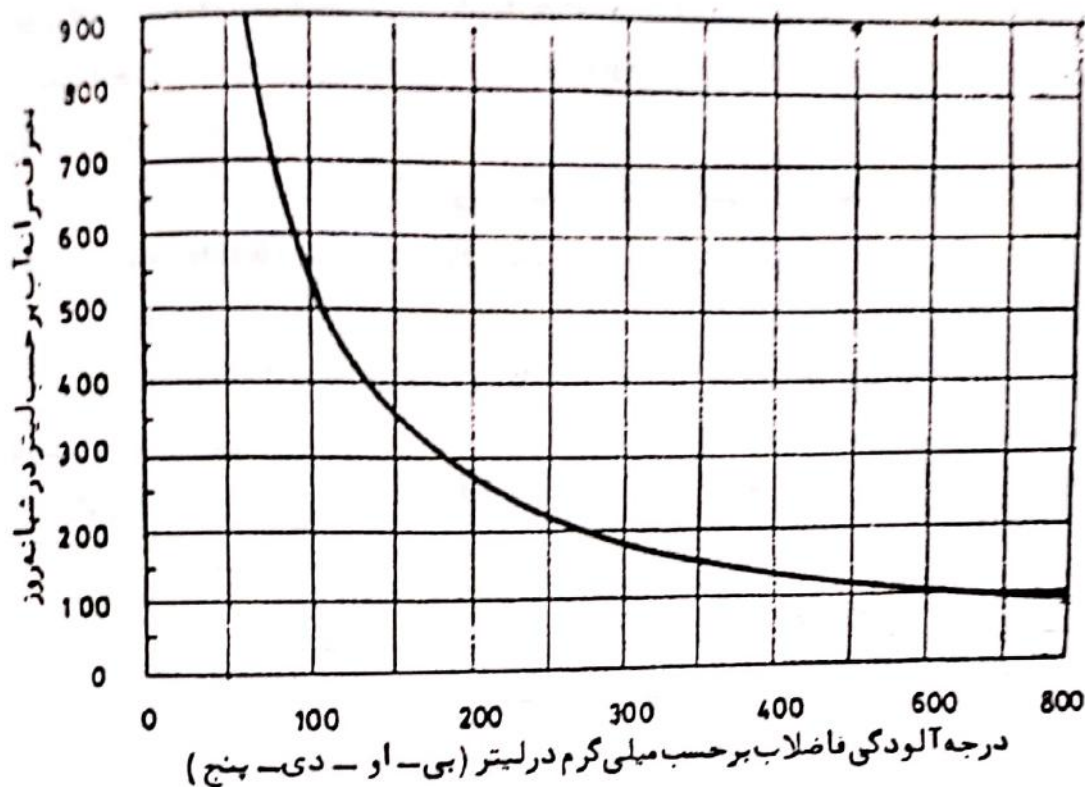
تعیین (بی - او - دی) عبارتست از تعیین مقدار اکسیژن لازمی که باید به فاضلاب داده شود تا باکتری‌های هوازی^۱ مواد آلی موجود در فاضلاب را اکسید نموده و به موادی پایدار نظیر نمک‌های معدنی تبدیل سازند. لذا مقدار BOD فاضلاب در زمانهای مختلف تغییر می‌کند این تغییرات نه فقط به غلظت مواد آلی فاضلاب بلکه به میزان فعالیت باکتری‌ها، دما و شدت درهمی (توربولانت) فاضلاب نیز بستگی دارد.

منحنی تغییرات BOD - از لحظه‌ای که فاضلاب در مجاورت اکسیژن قرار می‌گیرد، جذب اکسیژن توسط باکتری‌ها شروع شده و در دو مرحله مختلف به انجام می‌رسد.

مرحله اول - اکسیداسیون ترکیبات آلی کربن‌دار - این مرحله از نخستین لحظات کار باکتری‌ها شروع شده و در دمای ۲۰ درجه تا مدت زمان ۲۰ شبانه‌روز ادامه می‌یابد در این مرحله کربن موجود در ترکیبات ناپایدار آلی تبدیل به ترکیباتی پایدار نظیر CO_2 شده و از حوزه عمل بیرون می‌رود.

مرحله دوم - اکسیداسیون ترکیبات آلی ازت‌دار - این مرحله از حدود دهمین روز پس از شروع فعالیت باکترها آغاز گردیده و مدت‌های زیاد ادامه می‌یابد. در طی این مرحله، مواد آلی ازت‌دار تبدیل به نیتريت‌ها و نیترات‌ها می‌گردند. در شکل شماره (۱-۳) منحنی تغییرات BOD از تاریخ شروع فعالیت باکتری‌ها تا ۷۰ روز پس از آن برای سه دمای ۲۰، ۳۰ و ۳۵ درجه رسم شده است. از منحنی‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که در دمای ۲۰ درجه بیشترین اکسیداسیون مربوط به مرحله اول (حدود ۶۸ درصد) در پنج‌روز نخست رخ می‌دهد و پس از ۲۰ روز تقریباً به پایان می‌رسد. بدین جهت برای نشان دادن درجه آلودگی فاضلاب معمولاً بی - او - دی پنج روزه (BOD_5) را تعیین می‌کنند که بنا بر تعریف عبارتست از:

^۱ - Aerobic bacteria



شکل (۳-۳) منحنی نمایش تغییرات BODs با مصرف سرانه

تعیین BODs با وجود داشتن ارزش فراوان دارای دو نکته ضعف اساسی است اول طولانی بودن مدت آزمایش دوم امکان مسموم کردن میکروارگانیسم های مورد نظر در تماس با مواد آلوده در این مدت طولانی است. بنابراین اندازه گیری COD اهمیت خاصی کسب می کند:

۳-۵-۲ تعیین سی - او - دی (COD)^۱

در این روش برای اکسیداسیون مواد آلی و مواد اکسیدپذیر دیگری که در فاضلاب یافت می شوند از اکسیدکننده های قوی مانند پرمنگنات پتاسیم و یا

^۱ - Chemical oxygen demand (COD)

دی کرومات پتاسیم استفاده می شود. در صورتی که از پرمنگنات پتاسیم استفاده شود وزن اکسیژن (PV) ^۱ در حدود ۰/۲۵ وزن پرمنگنات پتاسیم می باشد.

عمل اکسیداسیون در صورت استفاده از دی کرومات پتاسیم (DV) به علت قوی تر بودن آن بیشتر انجام می گیرد. برای استفاده از مواد نامبرده نخست آنها را در محلول اسیدی حل کرده و سپس به فاضلاب می افزایند و ده دقیقه حرارت می دهند.

کاربرد مواد اکسیدکننده برای تعیین درجه آلودگی فاضلاب خیلی آسانتر از روش تعیین مقدار بی - او - دی می باشد ولی باید توجه نمود که بسته به نوع ماده اکسیدکننده مصرفی ممکن است تمام مواد آلی فاضلاب و به ویژه مواد پاک کننده صابون ها با این روش کاملاً اکسیده نشوند لذا دقت این روش کم است و تنها برای مقایسه یک فاضلاب در مرحله های گوناگون تصفیه بکار می رود.

محلولی از دی کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک نتایج دقیقتری را داده و خیلی نزدیکتر به مقادیر تئوریک اکسیژن مورد لزوم (ThOD) می باشد. علاوه بر مواد اکسیدکننده نامبرده از کلر نیز می توان برای تعیین درجه آلودگی فاضلاب استفاده نمود. برای اکسیداسیون کامل فاضلابهای خانگی تازه مقدار کلر لازم حدود ۲ تا ۵ گرم برای هر نفر در شبانه روز می باشد.

۳-۵-۳ تعیین تی - او - سی (TOC) ^۲

(در این روش ترکیبهای کربن دار آلی موجود در فاضلاب اندازه گیری می شود.) برای این کار فاضلاب را باید تا سرحد سرخ شدن سوزانید و گاز کربنیک تولید شده را اندازه گیری نمود. نتایج بدست آمده از این روش که معمولاً در دستگاههای ویژه ای انجام می گیرد بسته به شکل و شرایط آزمایش کم دقت و متفاوت است.

^۱ - Permanganate Value (PV)

^۲ - Total organic carbon (TOC)

۳-۵-۴ تعیین مقدار مواد معلق در فاضلاب (SS)^۱

مواد معلق در فاضلاب قسمتی از کل مواد جامد خارجی (TS)^۲ موجود در آن میباشد که تعیین آن برای پیش‌بینی مقدار لجن حاصل از تصفیه فاضلاب اهمیت ویژه دارد. تفاوت بین SS, TS مقدار مواد محلول (DS)^۳ در فاضلاب را نشان می‌دهد. همانگونه که پیش از این گفته شد مواد معلق به دو صورت ته‌نشینی‌پذیر و ته‌نشینی‌ناپذیر در فاضلاب یافت می‌شوند. از نظر جنس نیز مواد معلق، یا دارای منشأ آلی داشته و ناپایدار و یا منشأ معدنی داشته و پایدارند. چنانچه از جدول شماره (۳-۳) نیز نتیجه می‌شود حدود ۶۰ درصد مواد محلول در فاضلاب شهری و ۷۲ تا ۷۵ درصد مواد معلق در آن دارای منشأ آلی بوده و بقیه مواد خارجی را مواد معدنی تشکیل می‌دهند.

مقدار کل مواد معلق (TSS)^۴ با کمک صافی تعیین می‌شود و در صورت سرخ کردن آنچه در صافی باقی مانده تا گرمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد مواد آلی آن تبدیل به گاز شده و تنها مواد معدنی بجای می‌ماند.

۳-۵-۵ تعیین اکسیژن محلول (DO)^۵

مقدار اکسیژن محلول موجود در فاضلاب شهری نمایشگر قدرت تصفیه طبیعی و خودبخودی آن می‌باشد. وجود اکسیژن در فاضلاب موجب فعالیت باکتری‌های هوازی و جلوگیری از فعالیت باکتری‌های بی‌هوازی و در نتیجه مانع از تولید بوهای ناخوشایند می‌گردد لذا کوشش می‌شود که مقدار اکسیژن محلول

^۱ - Suspended solids (SS)

^۲ - Total Solids (TS)

^۳ - Dissolved solids (DS)

^۴ - Total suspended solids (TSS)

^۵ - Dissolved Oxygen (DO)

فصل چهارم

اصول کلی تصفیه فاضلاب

کیفیت آبهای موردنیاز برای مصارف خاص به ندرت با اختصاصات آبهای طبیعی مطابقت می‌کند. آب آشامیدنی آبی زلال، خنک، بی‌رنگ، بی‌بو و بدون مزه خاص و عاری از عوامل بیماریزا و سمی می‌باشد. چنین آبی در طبیعت نادر است و اگر چشمه‌هایی وجود داشته باشد که دارای آب پاک و خالص باشد کفاف شرب مردم را نمیدهد و ضمناً انسان بطور مستقیم و غیر مستقیم باعث آلودگی آبهای طبیعی می‌شود. آب مصرفی هر صنعت نیز باید دارای مشخصات خاص باشد تا به دستگاهها زیان وارد نشود و محصولات تولیدی کیفیت مرغوبی داشته باشد بنابراین آبهای خام را در اثر یک رشته اعمال تصفیه می‌نمایند تا آبی با کیفیت مورد نظر بدست آید.

آبهای سطحی تصفیه بیشتری نسبت به آبهای زیرزمینی لازم دارند بطور کلی آبهای زیرزمینی برای حفظ سلامتی جامعه حداقل باید ضد عفونی شوند ولی برخی از آنها به تصفیه بیشتری نیاز دارند تا سختی آنها کاهش یافته یا آهن و سایر ترکیبات که باعث ایجاد لکه، رنگ، مزه و بو می‌شوند، از آب خارج گردند. آبهای سطحی را هرگز نباید بدون تصفیه کامل برای شرب مصرف نمود. آبهای سطحی علاوه بر ارگانیسم‌های بیماریزا حاوی کدورت، موجودات آبزی مانند آلگ‌ها و فاضلابهای منازل هستند که با روش صحیح و مناسب باید خارج شوند.

چنانکه در بخش گذشته ملاحظه شد، تفاوت اصلی فاضلاب با آب تمیز فراوانی مواد خارجی و به ویژه مواد آلی در آن است لذا هدف از تصفیه فاضلاب عبارتست از:

الف - گرفتن مواد معلق و شناور از فاضلاب

ب - اکسیداسیون مواد ناپایدار آلی موجود در فاضلاب و تبدیل آنها به موادی پایدار مانند نیتراتها، سولفاتها و فسفاتها و سپس ته نشین ساختن و جداسازی آن مواد

ج - جداسازی مواد سمی^۱ محلول و نامحلول از فاضلاب نظیر ترکیبات فلزهای سنگین

د - گندزدائی و کشتن میکروبهای فاضلاب

تمام کارهای نامبرده در طبیعت و در مدتهای نسبتاً طولانی و بالغ بر چندین روز خود بخود انجام می گیرند. هدف از ساختن تأسیسات تصفیه خانه (پالایشگاه) فاضلاب و تکامل دادن آن از یک سو سرعت بخشیدن به اعمال مورد نظر و کوتاه نمودن مدت زمان پالایش تا حدود چند ساعت و از سوی دیگر جلوگیری از آلوده شدن منابع طبیعی آب و محیط زیست می باشد.

(تصفیه فاضلاب چه وقتی که به صورت مصنوعی و در تصفیه خانه انجام می گیرد و چه وقتی که به صورت طبیعی و خودبخودی رخ می دهد به سه گونه ممکن است انجام شود:

۱- تصفیه مکانیکی یا تصفیه فیزیکی

۲- تصفیه زیستی یا تصفیه بیولوژیکی

۳- تصفیه شیمیائی

^۱ - Fundamentals of Wastewater treatment

۴-۱ تصفیه مکانیکی یا تصفیه فیزیکی

تصفیه مکانیکی از فرآیندهائی تشکیل شده است که در آنها تنها از خواص مکانیکی و فیزیکی برای جداسازی مواد خارجی معلق در فاضلاب استفاده می شود.

مهمترین روشهای مکانیکی متداول در تصفیه خانه های فاضلاب عبارتند از:

الف - گذرانیدن فاضلاب از صافی ها و گرفتن مواد معلق موجود در آن

ب - ته نشین کردن مواد معلق موجود در فاضلاب و جداسازی آنها

ج - شناور نمودن مواد معلق و گرفتن آنها از سطح فاضلاب

باید توجه داشت که در هر یک از روشهای نامبرده تصفیه زیستی نیز به صورت خود بخودی و توأم با تصفیه مکانیکی انجام می گیرد ولی مقدار و اثر آن در برابر تصفیه مکانیکی ناچیز است. تصفیه شیمیائی نیز تنها وقتی با تصفیه مکانیکی توأم انجام می گیرد که از مواد شیمیائی برای تند نمودن و تشدید پدیده های مکانیکی استفاده شود.

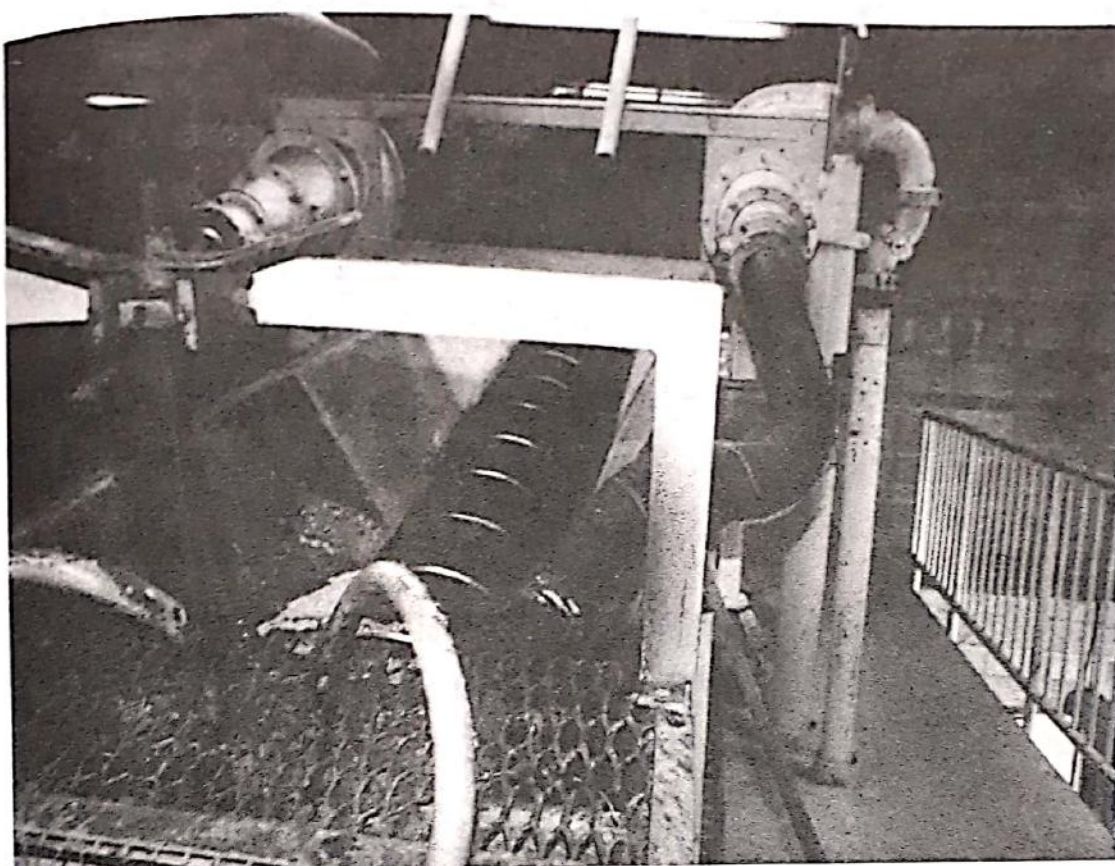
۴-۲ صاف کردن فاضلاب

هدف از صاف کردن فاضلاب گذرانیدن آن از صافی هائی که بتوانند مواد معلق فاضلاب را در خود نگاه داشته و مایع آن را از خود عبور دهند. مهمترین روش های متداول در تصفیه خانه های فاضلاب برای صاف کردن فاضلاب عبارتند از:

۴-۲-۱ آشغالگیری

آشغالگیری اولین مرحله تصفیه ای است که در تصفیه خانه ها در مورد فاضلاب خام انجام می گیرد و در ضمن آن مواد معلق درشت را از فاضلاب جدا می سازند.

آشغالگیری معمولاً با کمک صفحه های فلزی که سوراخ هائی به قطر چند میلیمتر تا چند سانتیمتر در آن ایجاد شده و یا با کمک تورهای سیمی و یا



شکل (۲-۴) آشغالگیری را در نمونه های پساب نشان میدهد

۲-۲-۴ صافی ها (فیلترها)^۱

صاف کردن یا فیلتراسیون یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلق آب می باشد این ذرات معلق می توانند گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، باکتریها و ذرات حاصل از خوردگی باشد.

برای اینکار آب حاوی ذرات معلق را از بستری از ذرات یک ماده که می تواند شن و یا زغال آنتراسیت باشد عبور می دهند در اثر عبور آب از خلل و فرج این ذرات مواد معلق آب گیر کرده و آب تقریباً عاری از مواد معلق حاصل می گردد.

^۱ - Filters

جمع شدن مواد در خلل و فرج صافی باعث افزایش افت فشار می‌گردد و اگر افت فشار از حد معینی تجاوز کند بایستی صافی را شستشو داد. یک فاکتور مهم در انتخاب ذرات داخل صافی، مقاومت آنها در برابر سائیدگی است بخاطر اینکه در شستشوی صافی این مواد بصورت شناور در می‌آیند از این رو عمل سائیدگی تشدید می‌گردد.

✓ ۲-۳ انواع صافیها

صافیها را می‌توان برحسب سرعت صاف کردن، نوع بستر صافی یا نوع عمل تقسیم‌بندی کرد. تقسیم‌بندی زیر براساس مجموعه فاکتورهای فوق صورت گرفته است.

۱- صافیهای ثقلی^۱: شنی کند، شنی سریع، شنی خیلی سریع، ولایه‌ای، چندلایه‌ای

۲- صافیهای فشاری^۲: شنی یا چندلایه‌ای، خاک دیاتومه

فیلترهای ثقلی

فیلترهای ثقلی اغلب مربعی یا مستطیل شکل هستند هر چند که می‌توانند مدور هم باشند این فیلترها در فشار محیط کار می‌کنند و معمولاً در کارخانجات که حجم آب زیادی باید صافی شود بکار می‌رود معمولاً این فیلترها سیمانی هستند و گاهی از چوب و فولاد ساخته میشوند عرض آنها ۵-۱۵ ft و طول آنها ۵-۳۰ ft است ارتفاع آنها ۱۰-۱۲ فوت است بستر این فیلترها شبیه فیلترهای فشاری عمودی است هر چند که این فیلترها به فضای زیادی نیازمند هستند ولی ساختن آنها ساده است.

برای تهیه صافی کند حوضهایی با بتون می‌سازند و در کف آنها مجاری با آجر یا لوله برای خروج آب تعبیه می‌کنند و بر روی آنها به ترتیب سنگ‌ریزه و

¹ - Grovitty filter

² - Pressure filter

محدودیت‌های فیلترها

معمولاً برای حذف کامل کدري و مواد معلق، فیلتراسیون بدون استفاده از مواد منعقد کننده کامل نخواهد بود بطور کلی هر جا بخواهند که هزینه کار و تعمیر رآمینم کنند و نیز کیفیت آب خروجی را همواره بالا نگهدارند، فیلترهای ثقلی بر فیلترهای فشاری ترجیح دارند اما فیلترهای فشاری در صنایع کاربرد وسیعی دارند.

مقایسه فیلترهای فشاری و ثقلی

مزایای فیلترهای فشاری

- ۱- فیلترهای فشاری را می‌توان در بین لوله‌ها یا شبکه‌های تحت فشار گذاشت از این رو احتیاجی به پمپاژ کردن نیست.
- ۲- در مقایسه با فیلترهای ثقلی به حجم کمتری احتیاج دارند.
- ۳- می‌توان با افت فشار زیاد هم کار کرد و طول مدت کار را افزایش داد.
- ۴- براحتی می‌توان فیلترهای جدید را به مجموعه سیستم تصفیه آب اضافه کرد.

معایب فیلترهای فشاری

- ۱- شن‌های داخل فیلتر فشاری رآمی‌توان دید و مؤثر بودن شستشو را نیز نمی‌توان مشاهده کرد.
 - ۲- در فیلترهای فشاری نمی‌توان براحتی فیلترهای ثقلی کار مواد منعقد کننده را کنترل کرد.
 - ۳- با فیلترهای فشاری مشکل می‌توان دبی خروجی ثابتی داشت در حالیکه با فیلترهای ثقلی اینکار به سهولت انجام پذیر است.
- معمولاً ذرات ریز در بالای فیلتر و ذرات درشت‌تر در لایه‌های پایین‌تر قرار می‌گیرند. در اثر شستشوی معکوس در فیلترهای فشاری ذرات درشت‌تر در پایین و ذرت ریزتر در بالای فیلتر ته‌نشین می‌شوند. این ترتیب زیاد مطلوب نیست چون ذرات معلق که در لایه بالای بستر فیلتر محبوس شده‌اند براحتی

۴-۵ انعقاد- تجمع ذرات

یک روش شیمیایی تصفیه است که مواد شیمیایی مختلف مانند سولفات آلومینیم، سولفات مس، سولفات آهن و آلومینات سدیم را به مقادیر لازم و کافی به آب اضافه می کنند تا ذرات کوچک، سبک و غیرقابل ته نشین به ذرات بزرگتر و سنگین تر تبدیل شده و به آسانی ته نشین شوند. انعقاد- تجمع ذرات باید قبل از ته نشینی انجام گیرد تا ذرات معلق و کلوئیدی آب به آسانی ته نشین گردند. واکنشهای منعقد کنندگی را می توان با استفاده از نمکهای آلومینیوم یا آهن که رسوب کرده و تولید توده های آلومینیوم هیدروکسید یا آهن هیدروکسید می کنند، انجام داد. رسوب هیدروکسید آهن و آلومینیوم ذرات فوق العاده ریز است که دارای بار مثبت می باشند و در نتیجه ذرات یکدیگر را دفع می نمایند. خنثی شدن این بار مثبت با بار منفی یونهای مانند سولفات و کلرید در آب باعث بهم چسبیدن ذرات ریز شده و در نتیجه یک رسوب ژلاتینی منفردار با حجم زیاد ایجاد می شود.

عمل تجمع ذرات که در تصفیه آب بکار می رود عملی است که در آن تعدادی از رسوبهای مجزای ته نشین شده هیدروکسید را همراه با ذرات کدری محصور شده در این رسوبات بهم نزدیک می کنند که در نتیجه اندازه و حجم افزایش می یابد. این عمل بوسیله بهم زدن آرام آب انجام می گیرد. هنگام چسبیدن ذرات هیدروکسید و تشکیل توده های بزرگ، ذرات معلق تولید کدری، باکتریها میکروارگانیسمها و غیره بوسیله ذرات منعقد شده احاطه می شوند. در حقیقت هر ذره معلق که دارای بار منفی است براحتی بوسیله توده ها احاطه می شود و اعتقاد بر این است که رنگ را نیز می توان با این روش جدا نمود.

برای هر منعقدکننده یک pH حد برای بهترین انعقاد وجود دارد و بهتر است که تنظیم pH در نقطه ای که در آن حداکثر منعقد کننده رسوب می کند انجام گیرد. در این نقطه حلالیت توده ها به حداقل می رسد.

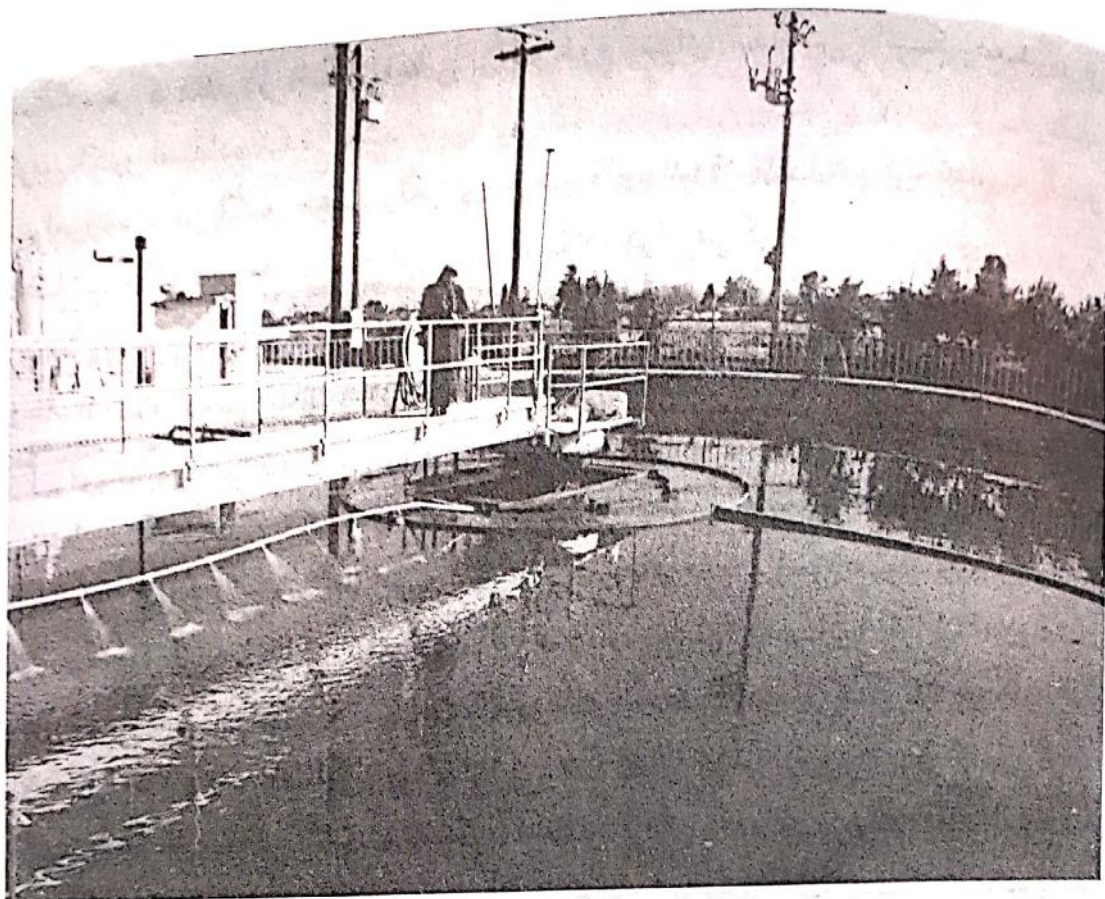
مواد غیر قابل ته نشین آب به دو دلیل اساسی در برابر ته نشینی مقاومت مینمایند:

۴-۵-۱ انواع منعقد کننده ها

الف - منعقد کننده آلومینیم سولفات $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

(بیشتر منعقد کننده های آلومینیم سولفات فیلتر آلوم است. فیلتر آلوم صنعتی حاوی مقدار کمتری آب تبلور نسبت به فرمول قبل است $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O)$ آلوم به عنوان منعقد کننده در حدود pH ۸-۵/۵ قابل استفاده است و با قلیائیت طبیعی موجود در آب واکنش کرده و تولید توده های آلومینیم هیدروکسید می نماید.

سولفات آلومینیوم که معمولاً آلوم نامیده می شود $Al_2(SO_4)_3$ و سولفات فریک $Fe_2(SO_4)_3$ متداولترین منعقد های مصرفی در صنعت تصفیه آب هستند که بعد از انحلال در آب یونیزه شده و یونهای سه ظرفیتی مثبت Fe^{3+} , Al^{3+} در آب آزاد می شوند. عوامل فیزیکی و شیمیایی، مانند شرایط مخلوط شدن و pH، قلیائیت، کدورت و درجه حرارت آب بر کارایی یک منعقد کننده تأثیر می نمایند مثلاً آلوم در ۸/۵-۴/۵ pH خیلی خوب عمل می نماید اگر آلوم در خارج از این میدان pH مصرف شود یا ذرات کاملاً تجمع نیافته و یا اینکه در pH بالاتر یا پائین تر حل



شکل (۴-۶) عمل شناور سازی ذرات را نشان میدهد

۴-۸ تصفیه با استفاده از کربن فعال ✓

کربن اکتیو دارای خاصیت جذب سطحی بسیار زیاد بوده و اگر با مواد شیمیایی تماس حاصل نماید این مواد را به خوبی جذب می کند خاصیت جذب سطحی کربن مربوط به خلل و فرج موجود در آب است که با کیفیت جذب خود مواد آلی را در این خلل و فرج جذب می کند.

ناریخچه استفاده از کربن فعال

از دیرزمان کربن فعال را جهت گرفتن رنگ و بوی مایعات بکار می برده اند مصریان قدیم برای تخلیص عطرها و مواد مصرفی در مومیایی و غیره از کربن

استفاده می کردند. در جنگ جهانی اول و دوم برای ساختن ماسک ضد گاز از کربن اکتیو استفاده شده است.
امروزه کربن اکتیو جهت رنگبری از شیر و پنیر، نیشکر، تصفیه آب و فاضلاب علاوه بر مصارف قبلی مورد استفاده قرار می گیرد.

✓ ۴-۸-۱ تهیه کربن فعال

✓ (برای تهیه کربن فعال می توان از تمام منابع کربن از جمله چوب، پوشال، کاه و زغال سنگ، زغال کک و باقیمانده حاصل از تقطیر نفت استفاده نمود.)
برای تهیه زغال فعال از چوب و خاک اره و غیره این مواد را در ظروف سربسته دور از هوا حرارت می دهند در درجه حرارت های پایین تا 170°C ابتدا بخار آب و اسیدفرمیک و اسیداستیک در ستون متصاعد می شوند. در حرارت بالاتر از 250°C درجه قطران چوب تولید شده که از ظرف تقطیر خارج می گردد. باقیمانده ته ظرف کربن است که اگر تا حدود 900°C درجه حرارت داده شود به کربن اکتیو تبدیل می شود. سپس کربن گداخته را با بخار آب خنک کرده بعداً آنرا در آب سرد می ریزند. کربنی را که بدین طریق بدست می آید پس از سرد شدن از آب جدا کرده و خشک می کنند دانه های کربن را سپس با آسیاب های مکانیکی خرد می کنند و بصورت ذرات ریز به ابعاد $2\text{ mm} - 0.5$ در می آورند.
می توان زغال سنگ را در کوره حرارت داده و پس از خارج شدن قطران کربن را تا 900°C درجه گرم نموده و ناگهان با بخار آب سرد نموده و بعد با آسیاب های مکانیکی کربن را به صورت ذرات گرانول در آورند. کربن آسیاب شده را با الک شماره $40 - 30$ جدا کرده و جهت تصفیه فاضلاب بکار ببرند.

۴-۸-۲ عملیات تصفیه فاضلاب با کربن فعال

فاضلاب را می توان پس از تصفیه مقدماتی یا تصفیه فیزیکی شیمیایی و یا بعد از عملیات تصفیه بیولوژیکی با کربن اکتیو مجاور و تصفیه نمود.

۴-۸-۳ بازسازی کربن فعال

هنگامیکه کربن اکتیو فعالیت خود را از دست داده آنرا جمع‌آوری و در کوره‌های مخصوصی که برای اینکار ساخته می‌شود حرارت داده و مواد جذب شده در کربن سوخته و کربن مذکور دوباره فعال می‌شود.

کربن در کوره بازسازی که دارای طبقات مختلف می‌باشد وارد می‌شود در طبقات بالای کوره حرارت کمتر بوده و هر قدر به پایین نزدیکتر شود درجه حرارت زیادتر و نهایتاً ۹۵۰ تا ۹۰۰ درجه می‌رسد. کربن گداخته را سپس با بخار آب خنک کرده و در آب سرد می‌ریزند در این عملیات کربن فعال شده و همراه با جریان آب به ستونهای تصفیه خانه نقل و انتقال می‌یابد ممکن است آنرا خشک کرده و در انبار ذخیره نمایند. در ضمن عملیات بازسازی کربن حدود ۱۰٪ آن از بین رود که باید با استفاده از کربن جدید مقدار آنرا ترمیم نمود.

در کشورهای صنعتی کارخانه‌های متعددی برای تهیه و بازسازی کربن وجود دارد که این کارخانه‌ها کارشان تولید و بازسازی کربن و توزیع به کارخانه‌ها و تصفیه‌خانه‌ها می‌باشد.

روش کار کارخانه‌های تولید کربن فعال این است که کربن فرسوده را از تصفیه‌خانه‌های کوچک جمع‌آوری و فعال و سپس به تصفیه‌خانه‌های مربوط ارسال می‌نمایند. ممکن است کربن فرسوده را خریداری و به جای آن کربن فعال به فروش رسانند در تصفیه‌خانه‌های بزرگ ایجاد کوره بازسازی کربن بیشتر مقرون به صرفه است.

۴-۸-۴ مزایای استفاده از کربن فعال

- ۱- کربن اکتیو قادر به جذب کلیه مواد آلی در سطح بسیار حساس می‌باشد ✓
- ۲- با استفاده از کربن رنگ و بوی آب گرفته می‌شود ✓
- ۳- مواد روغنی که در سیستم بیولوژیکی و لاگونی تولید اشکال می‌نمایند بوسیله کربن فعال از فاضلاب جدا می‌شوند ✓
- ۴- پاره‌ای از مواد آلی که برای سیستم بیولوژیکی مضر می‌باشند مانند فنل، سیانور و سایر ترکیبات سمی به کمک کربن فعال جذب و از آب خارج می‌شوند ✓

۵- تغییرات ناگهانی در غلظت مواد که شوک نامیده می شود در سیستم تصفیه، با استفاده از کربن فعال ایجاد اشکال نمی کند

۶- اگر در تصفیه خانه ای برای عملیات بیولوژیکی محل مناسب وجود نداشته باشد یا فاضلاب فقط در چند ساعت از روز تولید گردد تنها راه تصفیه استفاده از کربن فعال می باشد که در محیط قلیایی بالا یعنی $pH = 11$ هر نوع آلودگی آب زدوده خواهد شد.

۴-۸-۵ اشکالات ناشی از کاربرد کربن فعال^۳

- ۱- این روش قدری گران و پرهزینه است
- ۲- کنترل عملیات باید بشدت انجام گرفته و سهل انگاری و ندانم کاری باعث از کار افتادن سیستم تصفیه خواهد شد
- ۳- فاضلاب قبل از ورود به ستونهای کربن باید کاملاً زلال و عاری از مواد کلوئیدی و معلق باشد. در غیر اینصورت خلل و فرج ذرات به سرعت گرفته شده و سیستم از کار خواهد افتاد و عمر مؤثر ذرات کربن برای انجام عملیات تصفیه کوتاه خواهد شد.
- ۴- کادر فنی آزمایشگاه و مهندسی عملیات^۱ باید کاملاً ورزیده باشند تا در عملیات تصفیه کلیه مراحل تحت کنترل شدید درآیند.

^۱ - Process Engineering

✓ مهم ترین اشکالات ریب های بخار :

(۱) تشکیل رسوب پوسته ای

(۲) خوردگی

(۳) حمل مواد توسط بخار

(۴) شکنندگی قلیایی فلز ریب بخار

فصل پنجم

دستگاه های حرارتی

۱-۵ مسائل و مشکلات احتمالی دیگ های بخار و راه های مقابله با آن
مهم ترین اشکالاتی که در اثر مصرف آب بخارج از استاندارد دیگ های بخار ایجاد می شود عبارتند از:

۱- تشکیل رسوب پوسته ای

۲- خوردگی

۳- حمل مواد توسط بخار

۴- شکنندگی قلیایی فلز دیگ بخار

(شدت این اشکالات به کیفیت آب مصرفی، ساختمان دیگ بخار، فشار دیگ بخار، مقدار تولید بخار در هر مترمربع از سطوح گرم شده در ساعت و نوع مصرف بخار مربوط است.)

با بکار بستن روش های فیزیکی و شیمیایی می توان مواد مؤثر در ایجاد اشکالات فوق را حذف نمود و یا با وارد کردن مواد شیمیایی از اثر آنها کاست.

۵-۲ تشکیل رسوب پوسته‌ای^۱

وقتی آب دیگ بخار تبخیر می‌شود، نمکهای کلسیم و منیزیمی که در آب حل شده‌اند در روی سطح دیگ بخار رسوب می‌کنند در اثر نشست این رسوبات بلورین در روی دیواره دیگهای بخار، رسوبات پوسته‌ای بوجود می‌آید این رسوبات به دلیل قابلیت انتقال حرارتی ضعیف در انتقال حرارت مداخله نموده و موجب پیدایش نقاط فوق العاده گرم به دلیل بالا رفتن حرارت در این نقاط می‌گردد و چون تعویض لوله‌های بخار و خواباندن دیگ بخار به دلیل چنین اشکالی گران می‌باشد بنابر این روشهای پیشگیری ضروری است.

با خارج کردن تمام نمکهای کلسیم و منیزیم تغذیه دیگ بخار، قبل از ورود آب به سیستم تولید بخار، می‌توان از تشکیل این رسوبات جلوگیری نمود (تصفیه خارجی). ولی تصفیه خارجی به تنها بدون استفاده از تصفیه داخلی نمی‌تواند از تشکیل رسوب پوسته‌ای جلوگیری کند، زیرا در تمام شرایط مقدار کمی مواد جامد که قادر به تشکیل پوسته می‌باشند در آب دیگهای بخار باقی می‌ماند. علاوه بر آن امکان دارد که مقداری سختی در هنگام فعالسازی سختی‌گیرها وارد آب تغذیه دیگهای بخار شود.

همچنین عدم شستشوی کافی تعویض‌کننده‌های یونی، می‌تواند مقدار قابل توجهی کلریدهای منیزیم و کلسیم را که تولید رسوب می‌کنند، وارد آب تغذیه دیگهای بخار نماید میزان سختی باقیمانده در تصفیه خارجی به صورت زیر می‌باشد.

^۱ - Scaling & Scale

سختی باقیمانده	روش تصفیه
۵۰-۳۰ ppm	آهک - سدیم کربنات سرد
۲۵-۱۵	آهک سدیم کربنات داغ
۰-۲	آهک - تعویض کننده یونی داغ
۰-۲	تعویض کننده یونی
۲۰-۲	تعویض کننده یونی سدیم - هیدروژن
۰-۰/۵	یون زدایی

استفاده از مواد شیمیایی در تصفیه داخلی که بتواند با کلسیم و منیزیم موجود در آب واکنش داده و لجن نرمی را تولید نماید، که به سادگی توسط زیر آب زدن در دیگ بخار خارج گردد ضروری است. *Blow down*

۳-۵ دلیل و مکانیسم تشکیل رسوب

آبی که از قشرهای مختلف زمینی عبور می کند نمکهای موجود و همچنین گازهای اتمسفر را در خود حل می کند و همراه خود می برد. مقدار اجسام حل شده بستگی به نوع مواد معدنی موجود و حلالیت آنها در آب دارد. عوامل مؤثر دیگر زمان تماس آب با این مواد و درجه حرارت آب می باشد.

بی کربناتهای کلسیم و منیزیم موجود در آب در اثر حرارت دیگ بخار تجزیه شده و کربناتهای کلسیم و منیزیم که محلول تر هستند حاصل می شود. علاوه بر آن CO_2 بوجود می آید که همراه با بخار خارج می شود. این نمکها در آب باقی می مانند و با افزایش آب تغذیه جدید و تبخیر آب دیگ بخار غلظت آنها در آب دیگ بالا می رود.

✓ عامل اصلی تشکیل رسوب، کاهش حلالیت نمکهای تشکیل دهنده رسوب با افزایش حرارت است. مکانیسم واقعی ته نشین شدن رسوب از دو مرحله تشکیل می شود.

۱- ته نشین شدن رسوب

① تشکیل رسوب ۱۶۵

② ته نشین شدن روی سطح لوله و تبدیل آن به سنگ

در ابتدا رسوب در محل تشکیل می‌گردد و در مرحله دوم این رسوب در روی سطح گرم‌کننده‌های دیگ بخار ته‌نشین می‌گردد که در آنجا حرارت دیده و به صورت پوسته سختی درمی‌آید.

تا زمانی که این رسوبات به صورت ذرات پراکنده در آب وجود دارد بی‌ضرر هستند، چون به آسانی با جریان آب خارج خواهند شد و می‌توان آنها را با زیر آب زدن خارج نمود ولی اگر این رسوبات به سطح فلز بچسبند به شدت در عملیات طبیعی دیگ بخار مداخله می‌کنند.

علاوه بر مواد معدنی طبیعی، مواد آلی مانند روغن و گریس مانند عامل چسباننده عمل کرده و ذرات رسوب را بهم می‌چسبانند.

مکانیسم عمده تشکیل رسوب از طریق بلورین شدن نمکهای تشکیل‌دهنده رسوب از محلول اشباع آنها، در لایه نازک مجاور گرم‌کننده‌ها می‌باشد. بطور کلی پذیرفته شده است که نمکهای تشکیل‌دهنده رسوب، آنهایی هستند که با افزایش درجه حرارت حلالیت آنها در آب کم می‌شود بنظر می‌رسد غلظت نمک در لایه نازکی از آب که در تماس با سطح گرم‌کننده قرار دارد سریعتر از نقاط دیگر افزایش می‌یابد و در نتیجه حلالیت نمکهای تشکیل‌دهنده رسوب در این لایه کم می‌شود. تحت این شرایط نمکهایی که حلالیت کمتری در حرارت بالا دارند مستقیماً از لایه گرمتر در روی سطوح گرم‌کننده رسوب می‌کنند.

۵-۴ اثر رسوب پوسته‌ای بر دیگهای بخار

رسوب دیگهای بخار به دلیل کاهش در انتقال حرارت مشکلاتی را در کار کرد دیگها بوجود می‌آورد. در واقع رسوب مانند پوشاندن حرارت دهنده با یک لایه نازک از عایق است. و وجود این مواد عایق باعث کند شدن انتقال حرارت و در نتیجه کاهش راندمان دیگهای بخار می‌گردد علاوه بر آن درجه حرارت گازی که می‌سوزد، به دلیل به اینکه دیگ بخار کمتر قادر است حرارت را جذب کند، بالا می‌رود. ✓ ***

اثر رسوب پوسته‌ای بر دیگهای بخار :

کاهش انتقال حرارت و کاهش راندمان دیگ

افزایش سوخت مصرفی

کاهش راندمان و افزایش سوخت مصرفی، تغییر حالت و مویج شدن لوله‌های شعله

جلوگیری از تشکیل رسوب پوسته‌ای در دیگ بخار

۱- تصفیه خارجی: یکی از آب تغذیه دیگ بخار

ساختمان مکانیکی رسوب، خلل و فرج موجود در آن ضخامت رسوب بستن یونی
همچنین ساختمان و روش عملکرد دیگهای بخار، تماماً عواملی هستند که در
مقدار حرارت از دست رفته مؤثر می‌باشد.

گرچه وجود رسوب پوسته‌ای Scale باعث اتلاف حرارت می‌شود ولی
مهمترین اثر رسوب پوسته‌ای ایجاد اشکال در لوله‌ها و دیگ بخار، به دلیل
افزایش بیش از اندازه حرارت فلز دیگ بخار می‌باشد در اثر گرم شدن زیاد آهن،
یک تغییر حالت، توأم با پیدایش برجستگی‌هایی روی بدنه دیگ خواهد شد و
پیدایش این برجستگی‌ها روی لوله‌ها منجر به ترکیدن آنها خواهد گردید.
پوشش رسوبی انتقال حرارت از گازهای کوره را، به آب دیگهای بخار کند
می‌کند. این مقاومت حرارتی به منظور جلوگیری از صدمات جانی و مالی و
کنترل صد درصد رسوب، ضروری است.

۵-۵- جلوگیری از تشکیل رسوب در دیگ بخار

کنترل ترکیبات زیر به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب ضروری است:

الف - نمکهای کلسیم و منیزیم

نمکهای کلسیم و منیزیم معمولترین منبع ایجاد اشکال در دیگهای بخار
می‌باشند. تصفیه خارجی مانند آهک - سدیم کربنات، تعویض کننده‌های یونی و
سیستم سبک‌کننده فسفات داغ بسته به عملکرد خود می‌توانند مقدار کلسیم و
منیزیم را در آب دیگهای بخار کاهش دهد.

تصفیه داخلی به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب از سختی باقیمانده در
دیگهای بخار بکار می‌رود. علاوه بر آن به منظور تمیزنگهداشتن سطوح
گرم‌کننده‌ها، در آبهایی که تصفیه خارجی روی آنها انجام نمی‌گیرد، استفاده می‌شود.
از منابع متداول تشکیل رسوب، تجزیه $Ca(HCO_3)_2$ و تشکیل رسوب کلسیم
کربنات است.



(۲) تصفیه داخلی ← سدیم کربنات * در ریه ها بارهای بالا استفاده نمی شود

محلول تولید CO_2 و NaOH → خوراک ↑

* فسفات : در تمام فشارهای ریه های بخار کلی است

تشکیل این رسوب هنگامیکه آب دیگ بخار حاوی مقدار قابل ملاحظه ای کلسیم بی کربنات باشد صورت می گیرد. کلسیم سولفات محلولتر از کلسیم بی کربنات است و معمولاً فقط در دیگهای بخاری که تصفیه داخلی در آنها کافی نبوده و یا اصلاً انجام نگرفته است ته نشین می گردد.

باز
کربن
تدریجاً کلسیم فسفات

فسفات کلسیم و سیلیکات کلسیم غالباً بصورت رسوب چسبنده در دیگهای بخار ته نشین می گردند در مقایسه با نمکهای کلسیم، جلوگیری از رسوب نمکهای منیزیم در دیگهای بخار با سهولت بیشتری انجام می گیرد منیزیم به صورت منیزیم هیدروکسید، منیزیم سیلیکات یا منیزیم فسفات در رسوبات دیگ بخار وجود دارد.

ب - سیلیس ✓

رسوبات کلسیم سیلیکات می تواند مشکلات زیادی را در عملیات دیگهای بخار ایجاد کند. تماس سیلیس جهت تشکیل رسوبات کمپلکس مورد توجه است که ممکن است در ساختمان خود دارای کلسیم و منیزیم باشد سیلیس تمایل زیادی به واکنش با آلومینیم و تشکیل رسوبات کمپلکس را دارد. تشکیل این ترکیبات مخصوصاً در دیگهای بخار با فشار بالا، قابل توجه است و باید با انتخاب روش تصفیه مناسب، منیم غلظت سیلیس و آلومینیم در آب دیگهای بخار بوجود آید.

✓ ایجاد غلظت زیاد فسفاتها و قلیائیت در آب دیگهای بخار، در حل این مشکل مؤثر است. با زیر آب زدن غلظت سیلیس تا حد معمولی کاهش می یابد. (روشهای جداسازی سیلیس بحث شد)

فسفات ↓ Blow down ↓ PH ↑

* در تصفیه داخلی از ترکیباتی با پتانسیل سولفونی زیاد

مثل تانن یا لیگنن جهت پراکنده ساختن لجن و

محلولی از چربی رسوبات به دیواره (دیگ بخار استفاده

۱۶۸

می شود.

روش تشخیص رسوبات پوسته ای در دیگ بخار ← رفرآکسیون اشعه X
رسته XRD
روش

مانع انتقال حرارت
ترکیدی لوله ها

سطح - روغن

یکی از مشکلاتی که در نتیجه وجود روغن در آب دیگهای بخار بوجود می آید حمل جامدات توسط بخار می باشد روغن لایه عایقی روی سطوح حرارتی تشکیل داده و مانع از انتقال حرارت از فلز به آب می گردد در نتیجه ممکن است موجب ترکیدگی لوله ها گردد همچنین روغن ممکن است با رسوبات لجنی دیگهای بخار توأم شده و تولید خمیری چسبناک بنماید. علاوه بر آن روغن به دلیل تجزیه و کربنه شدن و یا جذب توسط رسوبات منفذدار تشکیل شده، ایجاد رسوبات سخت آسفالتی می نماید. پوشیده شدن سطوح انتقال حرارت با چنین رسوباتی، ممکن است باعث افزایش حرارت در نقطه معینی گردیده و یک تغییر حالت توأم با پیدایش برجستگی هایی روی بدنه دیگ بنماید.

روغن بایستی در تصفیه خارجی از آب ورودی دیگهای بخار خارج شود چون هیچ روش تصفیه داخلی قابل اطمینانی جهت برطرف نمودن مشکل حضور روغن در آب دیگهای بخار وجود ندارد.

تشخیص ساختمان رسوبات پوسته ای دیگهای بخار

(تعیین ساختمان و نوع رسوبات مقدمه ای بر تشخیص و چاره جوئی در مورد این مشکل است روش دیفراکسیون اشعه X وسیله موثری در تشخیص رسوبات پوسته ای دیگهای بخار میباشد. با روش دیفراکسیون اشعه X می توان ترکیبات شیمیایی کمپلکس تشکیل شده را شناسایی کرده و ساختمان بلورین هر یک از اجزاء تشکیل دهنده را معین نمود در حالیکه با استفاده از روشهای تجزیه شیمیائی معمولی فقط میتوان ساختمان فرضی را تعیین نمود.)

تصفیه داخلی جهت جلوگیری از تشکیل رسوب پوسته ای

بعضی از ترکیبات کلسیم و منیزیم تولید رسوب لجن گونه ای میکنند که با زیر آب زدن دیگ بخار قابل کنترل است ولی برخی دیگر ترکیبات کلسیم و

منیزیم بصورت رسوبات پوسته ای مستقیماً به فلز دیگ بخار می چسبند بنابراین با تبدیل رسوبات پوسته ای به رسوبات لجنی میتوان از چسبیدن آنها به فلز دیگ بخار جلوگیری نمود.

دو ماده شیمیایی که معمولاً برای تصفیه داخلی آب دیگهای بخار برای جلوگیری از تشکیل رسوب پوسته ای بکار می رود سدیم کربنات و فسفات است که ترکیبات فسفات متداول تر است.

✓ سدیم کربنات

برای جلوگیری از سخت شدن نمکهای کلسیم و منیزیم در روی سطح تبخیر کننده دیگهای بخار، این نمکها را بصورت لجن مایع در آورده، توسط زیر آب زدن خارج میکنند سدیم کربنات با کلسیم و منیزیم سولفات موجود در آب دیگهای بخار ترکیب شده تولید کلسیم و منیزیم کربنات میکند این دو ترکیب تشکیل شده بصورت لجن هستند بنابراین به سادگی قابل کنترل بوده و با زیر آب زدن میتوان آنها را خارج نمود.

سدیم کربنات در دماهای بالا ناپایدار بوده و به سدیم هیدروکسید و کربن دی اکسید تبدیل میشود و قدرت خوردگی بخار متراکم شده را افزایش میدهد بنابراین، این ماده در دیگهای بخاری که در دماهای بالا عمل میکنند قابل استفاده نمیشود.

✓ فسفات

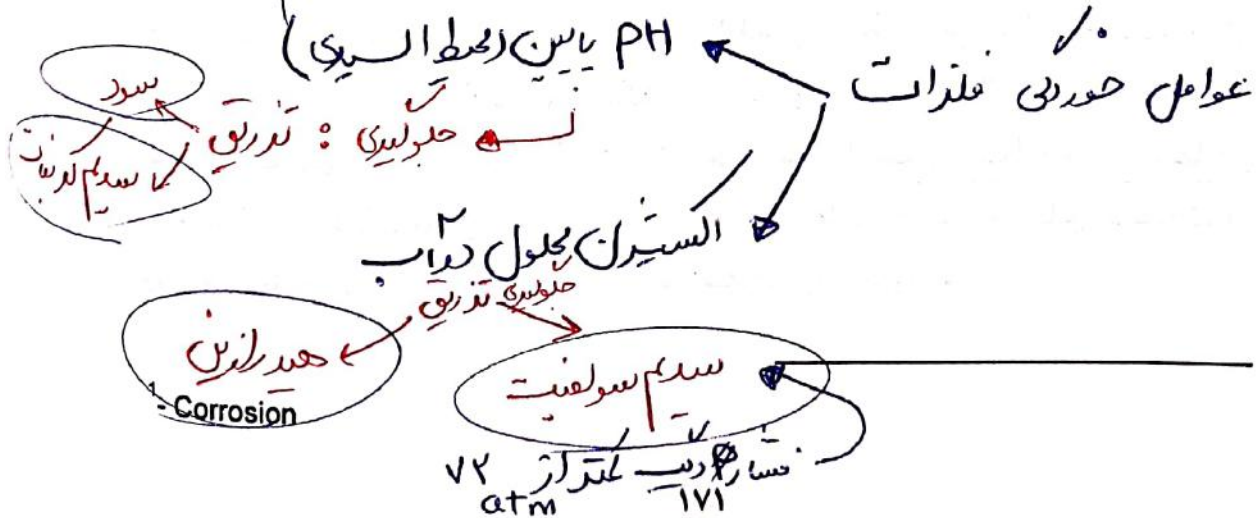
با افزایش دما و فشار از مواد شیمیائی پایدارتری نظیر ترکیبات فسفات دار استفاده میشود. یون فسفات بر خلاف کربنات در دمای بالا تجزیه نمیشود همچنین کلسیم فسفات نامحلولتر از کلسیم کربنات است و استفاده از فسفاتها در تمام فشارهای دیگ بخار عملی است. یونهای فسفات مانند یونهای کربنات از بین نمیروند و میتوانند لجن تری کلسیم فسفات را تشکیل دهند.

هنگامیکه در تصفیه داخلی با فسفات از مواد متفرق کننده آلی استفاده شود اثر بهتری خواهد داشت استفاده از ترکیبات آلی به منظور پراکنده ساختن لجن ها و جلوگیری از چسبندگی این رسوبات به دیواره دیگ بخار میباشد که نشاسته و دیگر ترکیبات آلی با وزن مولکولی زیاد از قبیل تانن و لیگنین و پلیمرهای سنتزی و طبیعی برای این منظور بکار میروند.

✓ طریقی 5-6 خوردگی ← با آل برن PH به کمک سود / سدیم کربنات
معمولاً برای فلزات بکار می رود عامل اصلی خوردگی دیگهای بخار و دستگاههای مربوط به آن

pH پائین آبهای تغذیه یا اکسیژن محلول در آنها میباشد.
pH عامل مهمی در خوردگی فلزات است که در تمام سطوح انجام میگیرد و روش ساده جلوگیری از چنین خوردگی، خنثی کردن اسید آب با یک قلیا میباشد. سدیم کربنات و سود سوزآور در تصفیه آب ورودی دیگهای بخار برای این منظور بکار میروند.

اکسیژن محلول در آب یکی از موثرترین عوامل خوردندگی فلزات است. اکسیژن محلول توسط آب تغذیه دیگهای بخار وارد سیستم میگردد. شدت خوردگی بستگی به غلظت اکسیژن محلول در درجه حرارت سیستم و pH دارد. برای حذف کامل اکسیژن استفاده از مواد شیمیائی ضروری است. برای این منظور از سدیم سولفیت یا هیدرازین استفاده میشود. در دیگهای بخار که در فشار کمتر از ۷۲ اتمسفر عمل میکنند سدیم سولفیت مناسبترین ماده شیمیائی است.



فصل ششم

✓ ضد عفونی کردن آب

آب پس از صاف شدن بایستی ضد عفونی گردد، هر چند که در عملیات ته نشینی و صاف کردن آب مقادیری از باکتریها و موجودات زنده آن جدا می شوند ولی برای اطمینان از عدم آلودگی آب، بخصوص برای مصارف آشامیدنی و عمومی، ضد عفونی کردن آن لازمست که به روشهای زیر انجام می شود:

✓ الف - ضد عفونی آب با استفاده از کلر و مشتقات آن

✓ ب - ضد عفونی آب با استفاده از اوزون

✓ ج - ضد عفونی آب با استفاده از پرتو فرا بنفش

✓ د - ضد عفونی آب با استفاده از یاد

۶-۱ ضد عفونی آب با استفاده از کلر و مشتقات آن

کلرینه کردن مرحله ای است که در آن گاز کلر یا ترکیبات کلردار را به آب یا فاضلاب جهت ضد عفونی کردن آن می افزایند.

هدف اصلی از ضد عفونی کردن آب، از بین بردن و یا غیر فعال نمودن کلیه میکروارگانیسم های مولد بیماری است. علاوه بر میکروکشی، کلروترکیبات

کلر مورد نیاز برای هر آب بستگی به زمان تماس، کیفیت آب، درجه حرارت و pH دارد.

کلر باقیمانده مورد نیاز در آب توسط آزمایشهای شیمیایی تعیین می‌گردد و بدینوسیله می‌توان کلر لازم جهت ضدعفونی کردن آب را تعیین کرد. معمولاً مقدار کلر باقیمانده‌ای برابر با $0.2 - 0.4 \text{ ppm}$ ، پس از زمان تماس حداقل ده دقیقه در بالاتر از 20°C رضایت بخش است.

✓ مزایای استفاده از کلر

- ۱- ارزان قیمت است ۲- کاربرد ساده دارد
- ۳- اثری بادوام دارد و تا چندین ساعت در آب باقی می‌ماند
- ۴- در مورد آبهای با کیفیت و طعم بسیار بد، در بهبود طعم مؤثر است.
- ۵- املاح آهن و ترکیبات آلی را خارج می‌کند.

✓ معایب استفاده از کلر

- ۱- شرایط اسیدی بوجود می‌آورد (به دلیل وجود HCl) این امر موجب خورندگی می‌شود
- ۲- خطرات جانبی کلر، کلر در حد $0.5 - 0.2 \text{ ppm}$ میکروب کش است. در صورتی که غلظت‌های بیشتر داشته باشد می‌تواند از قرمزی چشمها شروع و سپس تحریک پوست و گلو و تا تبدیل به یک ترکیب کشنده (در غلظتهای بالا 1000 ppm) گردد، همچنین کلر با ترکیبات آلی واکنش داده و ترکیبات سرطانزا بوجود می‌آورد (که این موضوع مورد اختلاف نظر است و ثابت نشده است).

۶-۲ انواع کلریناسیون

چهار روش کلرزنی برای ضدعفونی کردن آب موجود است.

✓ ۱- کلریناسیون ساده

✓ ۲- سوپر کلریناسیون