

ته‌نشین ساختن و انعقاد مواد معلق و کلوئیدی آب و فاضلاب

نوشته :

مرتضی حسینیان

مهندس شرکت سهامی سازمان آب منطقه‌ای تهران

چکیده :

گذشته از استثنائاتی چند اغلب آبهای سطحی به نوعی تصفیه قبل از توزیع و مصرف احتیاج دارند آلودگی این آبها ناشی از فرسایش زمین- انحلال املاح معدنی- فساد و تجزیه بعضی گیاهانست. با پیشرفت تمدن و صنایع و افزایش جمعیت امکان بیشتر آلوده شدن آبهای موجود، احتیاج به تصفیه آنها را زیادتر کرده است.

همانطور که میدانیم آب در مصارف گوناگون باید خصوصیات مختلفی دارا باشد. مثلاً آب آشامدنی باید بی بو و رنگ بوده و طعم آن عادی تا رغبتی از طرف مصرف کننده به شرب آن ابراز گردد، علاوه بر آن باید آشامیدن آن مصرف آشامنده را به مخاطره نیاندازد یعنی از هر میکروارگانیسم بیماری زائی عاری باشد. چنین آبی یا در طبیعت نیست و یا باندازه‌ایکه تکافوی تغذیه اجتماعات بزرگی را بنماید وجود ندارد ولی با انجام بعضی روشهای تصفیه میتوان آبهای موجود را بآبی که بتواند بعنوان آشامیدن مورد استفاده قرار گیرد تبدیل ساخت.

آبهای سطحی از نظر وضع ظاهری ممکنست محتوی مقادیری مواد معلق بصورت گل ولای و مواد خیلی ریز کلوئیدی باشند ته‌نشین ساختن و انعقاد مواد معلق کلوئیدی از نظر اصلاح وضع ظاهری آب با استفاده از عمل اصلی زیر انجام پذیرست:

الف- ته‌نشین ساختن و انعقاد مواد معلق و کلوئیدی (Coagulation) با استفاده از مواد شیمیایی

ب- صاف کردن آبهای ته‌نشین شده.

ج- حذف بو و رنگ و یا عواملیکه در اثر پاره‌ای فعل انفعالات پیدا شده‌اند.

در مورد فاضلاب نیز با توجه بانیکه زمان تصفیه راه‌چه ممکنست باید کوتاه‌تر نمود روش انعقاد مواد معلق کلوئیدی با استفاده از مواد شیمیایی مناسبترین روش تصفیه تشخیص داده شده است مخصوصاً در مواقعی که فاضلاب تصفیه شده در مصارفی چون کشاورزی بکار خواهد رفت این روش اقتصادی ترین تصفیه خواهد بود.

پیشگفتار

مواد معلق آب و فاضلاب را میتوان از طریق ساکن نمودن آنها بمدت ۲۴ - ۱۲ ساعت ته نشین نمود . چنین آب ته نشین شده ای نه تنها قسمت اعظم مواد معلقش حذف شده بلکه از نظر باکتریولوژی نیز بهبود یافته است زیرا مدت سکون بعلت فقدان مواد غذایی کافی - درجه حرارت پائین - اقامت و همکاری سایر میکروارگانیسمهای بی ضرر که تماماً علیه باکتریهای بیماری زا دست بفعیالیت زده اند قسمت مهمی از این باکتریهای اخیر نابود میگرددند.

ZEIR باسیل تیفوئید را در داخل آب دریاچه میشیگان که آب ساکن دارد و آب رودخانه شیکاگوبا آب متحرک کشت داد و مشاهده نمود که در آب دریاچه بعد از ۳ روز و در آب رودخانه بعد از ۸ روز باسیلهای تیفوئید نابود شده اند. بعدها A. Houston آبی را که بمیزان ۷۰۰۰ باسیل تیفوئید در هر سانتیمتر مکعب خود داشت با مقداری آب رودخانه تایمز مدتی بحال سکون قرار داد و بعد از یک هفته ملامظه شد که تعداد باسیلها به ۸۰ عدد در سانتیمتر مکعب بعلت سکون آب رسیده اند، بعد از دو هفته تعداد باسیلها فقط ۱۱ عدد بوده اند، این شخص بعدها تأیید نمود که سکون آب بمدت ۱۶ - ۱۵ ساعت ۳ تا ۴ درصد باکتریها و ۲ درصد ازت آمونیاکی را تقلیل میدهد. ضمن این کاهش در تعداد باکتریها و میزان ازت حدود ۹۰ - ۹ درصد مواد معلق نیز ته نشین میگرددند. آبهای موجود در طبیعت خواه آلوده شده بوسیله عوامل طبیعی، خواه از طریق فعالیتهای انسان محتوی:

۱- مواد معلق درشت و ریز که بعضی از آنها شناور هستند.

۲- مواد معلق کلوئیدی .

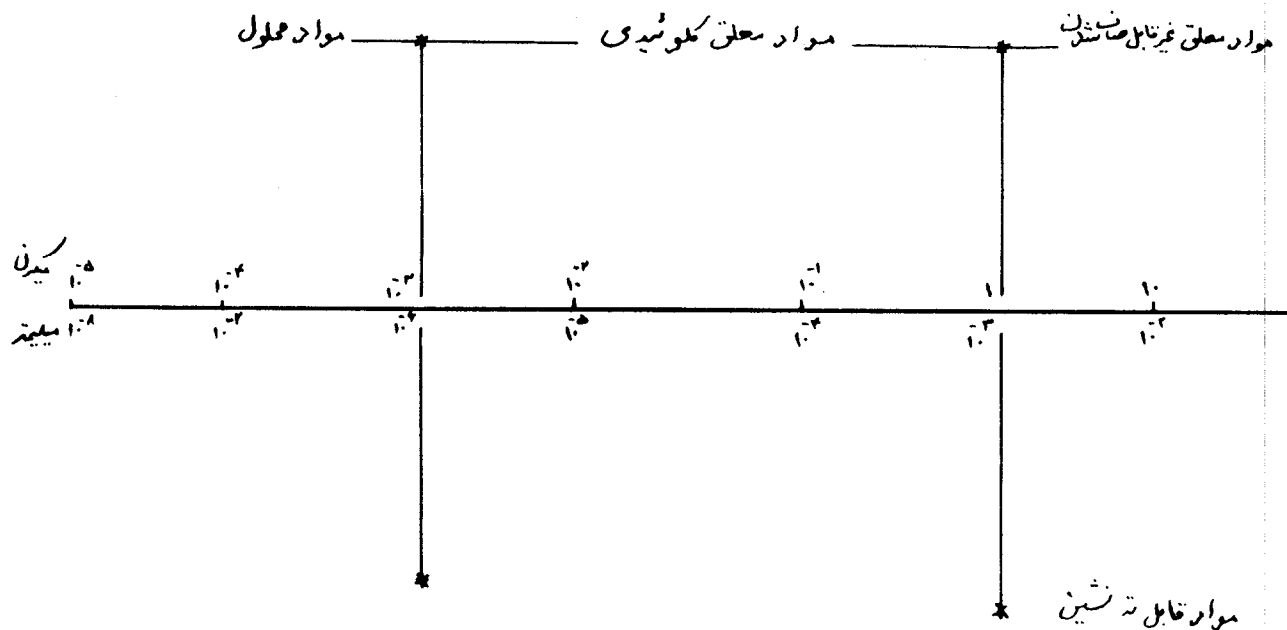
۳- مواد محلول.

۴- گازهایی نظیر $O_2 - H_2S - CO_2$ بصورت محلول میباشند. بجز مواد معلق درشت و وزین که کاهش آنها بدون استفاده از مواد شیمیائی و فقط در اثر سکون آب امکان پذیرست بقیه ناخالصیها را بدون افزایش مواد شیمیائی - نمیتوان از آب یا فاضلاب جدا نمود . بهترین وسیله کاهش و حذف مواد معلق ریز و کلوتیدی آرتب و فاضلاب استفاده از روش انعقاد یا کوآگولاسیون با بکار بردن مواد شیمیایست. کوآگولاسیون آب با بدنبال داشتن صافیهای شنی بیشتر بمنظور حذف مواد معلق و کاهش کدورت و رنگ و بو بکار میرود.

بطور کلی کیفیت ته نشین شدن مواد معلق باقطار مختلف در آب و فاضلاب بشرح زیر هستند:

زمان ته نشینی	قطر ذرات به میلیمتر
۳/۰ ثانیه	۱۰ میلیمتر
۳ ثانیه	۱ میلیمتر
۳ دقیقه	۰/۱۰۰ میلیمتر
۳ ساعت	۰/۰۱ میلیمتر
۳۰۰ ساعت	۰/۰۰۱ میلیمتر
۱۵۰۰ روز	۰/۱ میکرون
۴۰ سال	۰/۰۱ میکرون

مواد معلق آب و فاضلاب را از نظر قطر و نحوه حذف بشرح زیر طبق بندی نموده اند :



مواد قابل ته نشینی این مواد از طریق کوآگولاسیون حذف میشوند مواد مولد رنگ که اکثراً هیدروکسیدهای فلزاتی مثل آهن و منگنز میباشد نیز از طریق کوآگولاسیون قابل جدا شدن بوده و بطور کلی باید گفت تنها از طریق کوآگولاسیون است که آبی با مشخصات استاندارد از نظر رنگ و کدورت میتوان بدست آورد.

یکی از عوامل مهم مشکل تصفیه پس آبهای صنعتی مسأله زمانست، اصولاً زمان در کلیه کارهای صنعتی و حتی کلیه شئون زندگی انسان نقش مهمی دارد و با توجه باینکه هزینه بهره برداری دستمزد دائماً رو با افزایش است، هرچه اعمال صنعتی و بهره برداری را در زمان کوتاهتری انجام دهیم از نظر اقتصادی بصره خواهد بود، بعلاوه بعضی فاضلابها و پس آبهای راسیتوان با تصفیه فیزیکی بصورتی که قابل اعتراض نباشد تبدیل نمود و اگر تنها هدف از تصفیه فاضلاب ته نشین ساختن مواد معلق و کلوئیدی باشد چون برای این ته نشینی بصورت عادی زمان زیادی لازست لذا ترجیح میدهند که با دخالت دادن عامل زمان و استفاده از مواد شیمیائی عمل ته نشینی را تسریع نمایند. ته نشین ساختن مواد معلق کلوئیدی بطریقه کوآگولاسیون تنها روش مشترک تصفیه آب و فاضلابست. در تصفیه با مواد شیمیائی فاضلابها علاوه بر کاهش ۹۰ درصد مواد معلق ۰.۴-۰.۶ درصد BOD نیز کاهش خواهد یافت و در مواردیکه فاضلاب تصفیه شده بمصرف کشاورزی میرسد شاید مناسبترین روش تصفیه استفاده از مواد شیمیائی برای ته نشین ساختن مواد معلق باشد. گاهی کوآگولاسیون میتواند بعنوان پیش تصفیه در روش تصفیه بیولوژیکی مورد استفاده قرارگیرد. در ته نشین کردن مواد معلق گاهی به چندین ساعت وقت احتیاج است در حالیکه مصرف مواد شیمیائی وانجام کوآگولاسیون این زمان را به ۳۰ تا ۶۰ دقیقه تقلیل میدهد.

خاصیت عمده کلوئیدها سطوح بزرگ آنها در مقایسه با وزنشان است و بعلت همین سطوح بزرگ چسبیدن آنها بمواد دیگر وتشکیل مواد درشترووزین تر اهمیت زیادی دارد. کلوئیدها در دو گروه Hydrophobic یا گریزان از آب و Hydrophilic یا مایل بآب تقسیم میشوند. مواد کلوئیدی نوع اول ب راحتی با آب ترکیب و هیدرات مربوطه را بوجود میآورند، این هیدرات بنوبه خود میتواند با ازدست دادن آب کلوئید اولیه رارها سازد. کلوئیدهای نوع دوم فقط از طریق فعل انفعالات شیمی فیزیکی با آب ترکیب شده و ازدست رفتن آب باعث آزاد شدن کلوئید اولیه نخواهد کردید. نشاسته- ضمغ- پروتئین در گروه اول و خاک رس- اکسیدهای فلزات در گروه دوم قرار گرفته اند.

علل پایداری مواد معلق کلوئیدی عبارتند از :

— جذب ذرات کلوئیدی گریزان از آب بر روی کلوئیدهای جاذب آب

— نیروی گریز ذرات کلوئیدی از یکدیگر بعثت پتانسیل زتای زیاد

علت تعلیق کلوئیدهای مایل بآب را احاطه مولکول آب در اطراف آنها که بمنزله یک سد و مانع در تماس قرار گرفتن آنها با سایر ذرات عمل میکند میدانند، درحالیکه کلوئیدهای گریزان از آب بعثت احاطه لایه الکتریکی دوپل در اطراف آنها با بار الکتریکی منفی از طریق دفع ذرات با بار هم نام بحال تعلیق دائمی هستند. مطالعات مربوط به تعلیق دائمی کلوئیدها اولین بار در سال ۱۸۷۹ بوسیله Helmholtz انجام گردیده بعدها سایرین نظریه او را در مورد وجود لایه الکتریکی با بار منفی در اطراف کلوئیدها مورد تأیید قرار دادند.

در سانسکریت و نوشته‌های قدیمی هر اطلاعات مربوط به تصفیه آب رابه ۲۰۰۰ سال پیش از میلاد نسبت داده‌اند، بطوریکه در آن سالها آشنائی به جوشاندن- صافکردن آب و حتی استفاده از پاره‌ای مواد معدنی و گیاهی در تصفیه آب معمول بوده است. چینی‌ها حدود ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد از مصرف زاج در تصفیه آب مطلع بودند. در حال حاضر نیز زاج مهمترین ماده کوآگولان مصرفی در دنیا است و اولین مصرف آن توسط Pliny توام با آهک بوده است. در ۱۷۶۷ در انگلستان موفق شدند با مصرف ۲ گرین زاج برای هر گالن آب عمل کوآگولاسیون را انجام دهند.

علت اصلی توسعه استفاده از مواد کوآگولان و روشهای کوآگولاسیون رابه ۳ عامل زیر استناد داده‌اند:

۱- افزایش دائمی آلودگی منابع آب

۲- بکارگرفتن منابع آلوده آب برای تأمین مصارف صنعتی و شهری بعثت کاهش آبهای غیر آلوده

۳- قادر بودن کوآگولاسیون ب حذف مواد رادیواکتیو از آنها

ولی آنچه بیشتر از همه در ادامه تحقیقات راجع به کوآگولاسیون مؤثر بوده ناکافی بودن ته‌نشینی تنها برای

تصفیه بعضی آبها و پس آبهاست.

مکانیسم انعقاد

حتی تا سالهای اخیر هنوز تئوری عمل کوآگولاسیون بخوبی روشن نشده بود. انتخاب ماده کوآگولان و میزانی از آن که میتواند مواد معلق کلوئیدی را ته‌نشین سازد به کیفیت شیمیائی آب بستگی دارد. Packham و Miller جز و اولین کسانی هستند که در زمینه کوآگولاسیون و بخصوص اثر املاح محلول آب و PH و نوع مواد معلق در عمل انعقاد مطالعاتی انجام داده‌اند. با تمام مطالعاتی که تا بحال در دنیا انجام گرفته و موضوعات مهمی در زمینه کوآگولاسیون روشن گردیده هنوز مسائل زیاد دیگری بصورت مجهول باقی مانده است.

کوآگولاسیون که میزان وسیعی در تصفیه آب و فاضلاب بکار میرود اصولا میتواند باعث انعقاد و یا کاهش

مواد زیر بشود:

۱- کدورت‌های ناشی از مواد معدنی و آلی

۲- رنگهای حقیقی و ظاهری

۳- باکتریهای بیماری‌زا و مضر

۴- انگلها و انواع میکروارگانیسمها

۵- مواد مولد بو و طعم

۶- فسفات

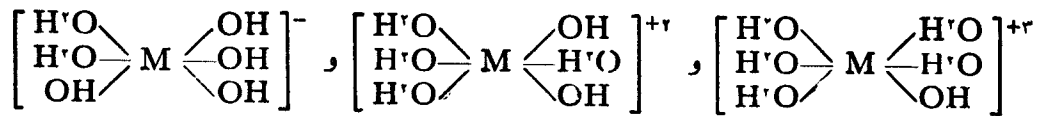
حذف عوامل یاد شده میتواند آبی قابل قبول از نظر بیشتر مصارف بوجود آورد.

عملا برای حذف مواد معلق کلوئیدی آب و فاضلاب از ترکیبات فلزاتی مثل آلومینم و آهن و یا ترکیبات آلی

پلی الکترولیت استفاده مینمایند.

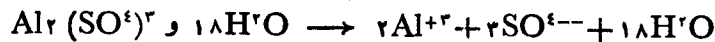
وقتی املاح فلزات سنگین بعنوان منعقدکننده وارد آب میشوند در اثر نئیدرولیز بصورت یونی و یا هیدروکسیدهای

باردار بصورت‌های



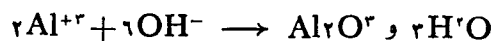
درمیتهایند.

در سال ۱۹۰۰ Haray ضمن مطالعات خود دریافت که کواگولاسیون در اثر خنثی شدن بار الکتریکی کلوئیدها بوسیله بار الکتریکی یونهای حاصل از یونیزاسیون املاح آلومینم و آهن در آب که بعنوان مواد کواگولان بکار رفته اند انجام میپذیرد.

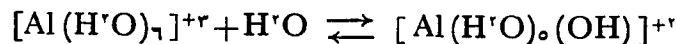


بعلاوه این شخص مشاهده نمود که یونهای دوظرفیتی ۳ تا ۶ مرتبه مؤثرتر از یونهای یک ظرفیتی و یونهای ۳ ظرفیتی ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ مرتبه مؤثرتر از یونهای یک ظرفیتی هستند.

قسمتی از یونهای فلزی بوجود آمده با آب تولید هیدروکسیدهای آبدار مینماید



این هیدروکسیدهای آبدار مرکز اصلی تجمع کلوئیدهای بی بار و تشکیل ذرات وزین تر که قابلیت ته نشین شدن دارند خواهند بود:



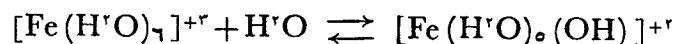
این فعل انفعالات تا پیدایش $[\text{Al}(\text{H}'\text{O})_3(\text{OH})_3]^+$ خنثی و یا $[\text{Al}(\text{H}'\text{O})_2(\text{OH})_4]^-$ قلیائی پیش میروند.

در این ترکیبات بیش از یک اتم آلومینم موجود نیست. در بعضی فعل انفعالات ترکیباتی تا بیش از یک اتم

آلومینم بوجود میآیند $\left[(\text{H}'\text{O})_4\text{Al} \left\langle \begin{array}{c} \text{OH} \\ \text{OH} \end{array} \right\rangle \text{Al}(\text{H}'\text{O})_4 \right]$ بعداً خواهیم دید که PH محیط مهترین

عامل پیدایش اینگونه ترکیبات است.

در مورد املاح آهن فعل انفعالات زیر را نوشته اند:



در این مورد نیز ترکیباتی چون $\left[\text{Fe}(\text{H}'\text{O})_4 \left\langle \begin{array}{c} \text{OH} \\ \text{OH} \end{array} \right\rangle (\text{H}'\text{O})_4 \text{Fe} \right]^{+4}$ که بیش از یک اتم آهن دارند بوجود

خواهد آمد. کاهش پتانسیل زتا نیز که باعث غلبه نیروی واندروالس که باعث بهم چسبیدن ذرات بیکدیگرست نیز از عوامل مهم انعقادست.

در سال ۱۹۰۷ Pfeiffer و Bejerrum و در ۱۹۲۰ Werner ضمن مطالعات خود در یافتند که عامل

اصلی بی بار شدن کلوئیدها یونهای فلزی نیستند بلکه محصولات حاصل از هیدرولیز این فلزات باعث عمل کواگولاسیون بی بار شدن کلوئیدها میگردد.

بهر صورت پیدایش اکسیدهای آبدار در کواگولاسیون را باید اولین فلوکهای تشکیل شده که شاید در این

مرحله هنوز قابل رؤیت نیستند دانست. چون ممکنست قلیائیت آب قادر به پیدایش این هسته ها نباشد مصرف موادی

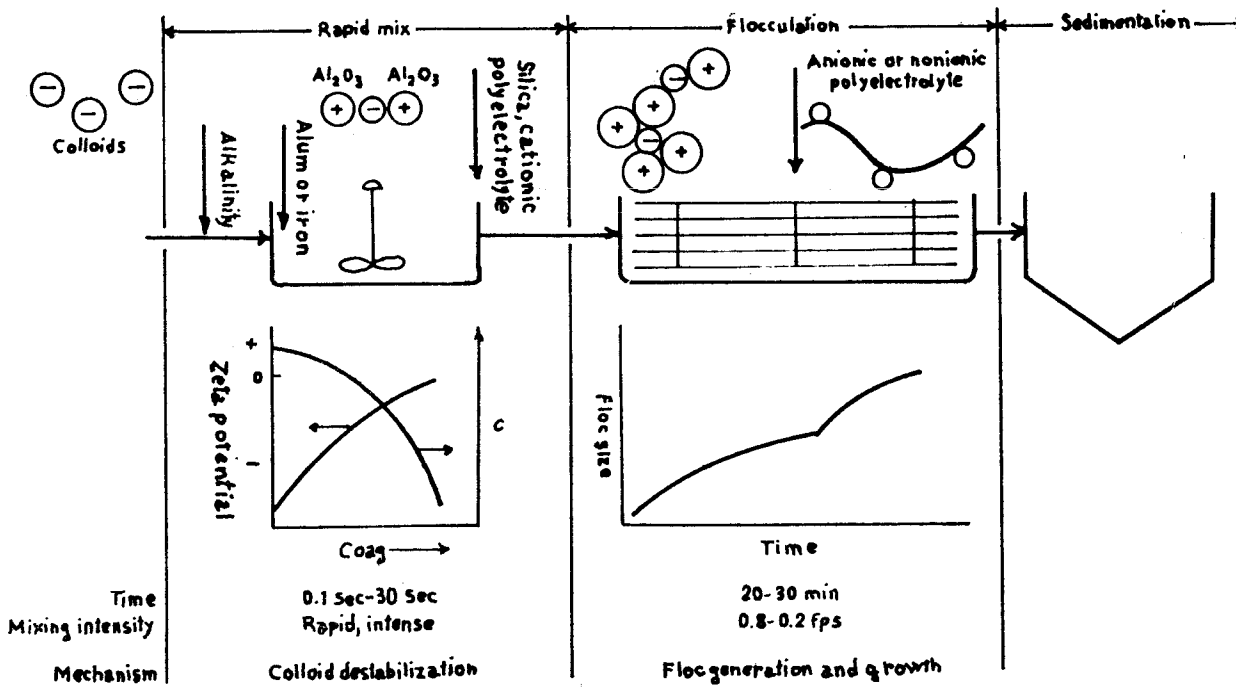
چون آهک ضرورت پیدا میکند. چون فلوکهای اولیه خیلی ریز و سبک هستند و در اثر قوه ثقل نمیتوانند ته نشین گردند لذا

با ادامه بهم زدن آب و ماده کواگولان منتها در سرعت کم به تشکیل فلوکهای درشتتر کمک مینمایم.

بی بار کردن مواد کلوئیدی را کواگولاسیون و درهم رفتن کلوئیدهای بی بار و تشکیل ذرات درشتتر را فلوکو-

لاسیون نام نهاده‌اند. مرحله پیدایش فلوکهای قابل ته‌نشینی را بعضی از سولفین عمل آمدن یا Conditioning نیز گفته‌اند.

زمان لازم برای اختلاط ماده کوآگولان با آب رایک تا دو دقیقه و زمان لازم برای فلوکولاسیون را بنا به پیشنهاد Donalson حدود ۱۰ تا ۲ دقیقه نوشته‌اند. بعضی از محققین سرعت اختلاط ماده کوآگولان با آب را ۹ دور در دقیقه و سرعت مرحله فلوکولاسیون را ۴ دور در دقیقه تعیین نموده‌اند باید توجه داشت که بعد از اتمام فلوکولاسیون برای ته‌نشین نمودن فلوکها از حوضهای ته‌نشینی استفاده میکنند. با توجه به مرحله: کوآگولاسیون-فلوکولاسیون-ته‌نشینی مواد معلق و مواد کلونیدی اصول حذف این مواد از آب و فاضلاب مطابق شکل زیر میباشد (شکل ۱)



شکل ۱

عوامل مؤثر در کوآگولاسیون

۱- PH = از اولین تجربیات مربوط به کوآگولاسیون دانشمندان دریافته‌اند که PH محیط مهمترین عامل مؤثر در این عمل است. در انیمورد افرادی چون Theriault - Miller - Clark مطالعاتی انجام داده‌اند. باید توجه داشت که برای هر ماده کوآگولانی PH مناسبی مورد نظرست. قسمتی از گزارش محققین فوق درباره اثر PH در کوآگولاسیون بقرار زیرست: «وقتی اغلب عوامل مؤثر در کوآگولاسیون موجود نباشد مناسبترین شرایط برای ایجاد فلوکهای درشت به تغییرات PH مربوط است». بطور کلی مناسبترین PH کوآگولانهای مختلف بقرار زیر هستند:

ماده کوآگولان	PH
زاج	۵/۰-۷/۸
سولفات فرو	> ۸/۰
سولفات فریک	۳/۰-۷ و > ۹
کلور فریک	۳/۰ تا ۶ و > ۸/۰

در مواردیکه PH محیط برای کواگولاسیون مناسب نباشد براحتمی میتوان با افزایش آهک و یا سایر عوامل قلیائی PH را تا حدود مورد نظر تغییر داد. باید توجه داشت که مصرف زیادی آهک نه تنها در وضع کواگولاسیون بهبودی حاصل نمی نماید بلکه ضمن ترکیب با املاح کلسیم و منیزیم و یا بالا بردن سختی مشکلاتی بوجود میآورد.

۲- اثر املاح محلول - آبهای طبیعی هیچگاه خالص نیستند بلکه محلولهای دقیقی از املاح معدنی در غلظتهای مختلف میباشند. اثر املاح محلول آب بر روی کواگولاسیون بعواملی از قبیل تغییر PH تغییر زمان انعقاد - افزایش مصرف ماده کواگولان مربوط میشود. Baton و Rice در ۱۹۳۳ مطالعاتی در زمینه اثر غلظت سولفات آب بر روی کواگولاسیون انجام دادند و ثابت نمودند که غلظت زیاد سولفات PH مناسب برای انعقاد زاج را کاهش میدهد. بطوریکه ۱۲۵ میلی گرم در لیتر یون سولفات باعث تغییر PH از محدوده (۷/۸ - ۵/۵) به (۷/۲ - ۴/۸) خواهد شد. ترکیباتی چون نمک طعام ضمن کاهش پتانسیل زتا باعث بالا رفتن مصرف ماده کواگولان میگردد. وجود در جنتها در فاضلاب و پس آب مصرف ماده - کواگولان را بالا خواهند برد. ترکیبات فسفاتی نیز اثراتی مثل سولفات و کلرور دارند. آنیونها در مجموع بیشتر از کاتیونها در عمل کواگولاسیون مداخله میکنند.

۳- اثر انواع مواد معلق - نوع مواد معلق میتواند اثر مهمی در کواگولاسیون داشته باشد. ذرات معلق با قطر ۰/۲ تا ۵ میکرون که خیلی بزرگتر از ذرات کلئیدی هستند براحتمی قابل ته نشینی بوده و کواگولاسیون آنها بسیار ساده است. از طرفی هر چه مقدار مواد معلق بیشتر باشد مقدار ماده کواگولان مصرفی زیاد خواهد بود، بعلاوه بهم چسبیدن ذرات معلق و سنگین تر شدن آنها اغلب به ته نشینی و کواگولاسیون مواد کلئیدی کمک میکند. مواد آلی که ممکنست بوسیله مواد معلق جذب شده باشند بندرت در عمل کواگولاسیون مؤثرند.

نوع ماده کواگولان نیز در عمل انعقاد اثر زیادی دارد. گواپتیکه زاج از مدتها پیش بعنوان ماده کواگولان مصرف میشده ولی ترکیبات آهن دار نیز میتوانند بهمان خوبی زاج وحتمی در PH وسیعتری تا زاج عمل انعقاد را انجام دهند، بخصوص در آبهای محتوی مواد رنگی که حذف آنها در PH های اسیدی بهتر انجام میگردد مصرف ترکیبات آهن دار ترجیح دارد.

۴- اثر عوامل فیزیکی - تجربیات زیادی در تأثیر حرارت روی کواگولاسیون بعمل آمده و ثابت شده که مشکلات کواگولاسیون آب و فاضلاب وقتی حرارت نزدیک صفر باشد افزایش مییابد زیرا تمایل فلوکهای تشکیل شده به ته نشین شدن کاهش یافته و بیشتر آنها لابلای ماسه های صافی نفوذ خواهند نمود. علت اصلی این عمل هنوز شناخته نشده است و شاید مربوط به کاهش سیالیت آب در اثر کم شدن درجه حرارت باشد. سرعت فعل انعقالات شیمیائی نیز در اثر کاهش درجه حرارت کاسته میشود.

مقدار تزریق ماده کواگولان در تابستان و زمستان فرق میکند و اصولاً مقدار مورد نیاز آن با درجه حرارت نسبت عکس دارد. باید خاطر نشان ساخت که اثر حرارت بمراتب کمتر از اثر PH در کواگولاسیونست هر چه اختلاف ماده کواگولان با آب بیشتر باشد کواگولاسیون بهتر و سریعتر انجام خواهد گرفت در عمل برای بهتر مخلوط شدن آب و فاضلاب با ماده کواگولان یک حرکت مارپیچی در آن در حین تزریق دار و بوجود میآورند.

در انتخاب ماده منعقد کننده توجه بمسائل اقتصادی نیز ضرورت دارد و لازمست همواره از سودای که از زانتتر بوده و راحتتر در دسترس قرار میگیرند استفاده شود.

مواد کواگولان

مواد کواگولان که در تصفیه آب و فاضلاب بکار میروند باید دارای خواص زیر باشند:

۱- قدرت انعقاد زیاد داشته باشند و بتوانند تا حدودی رنگ فاضلابها را از بین ببرند.

۲- مازاد آنها در آب هیچ نوع سمومیتی ایجاد نکند.

۳- مصرف آنها از نظر اقتصادی مقرون بصرفه باشد.

مهمترین انواع مواد کواگولان و مشخصات کلی آنها در جدول زیر داده شده اند:

Data on Coagulants and Coagulant Aids

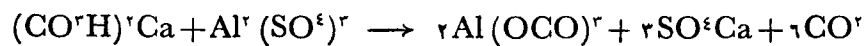
Name	Formula	Commercial	Grades	Weigh lb/cuft	Suitable Handling		Miscellaneous
		Strength	Available		Materials		
Aluminium Sulfate	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	17% Al_2O_3	Lump Powder Granuls	Powder, 38-45 Other, 57-67	lead Rubber Silicon Iron		pH (1% solution) = 3.4
Sodium Aluminate	$Na_2Al_2O_4$	55% Al_2O_3	Crystals	60	Iron Steel Rubber Plastics		Stabilized with approx. 6% excess NaOH
Ammonium Alum	$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$	11% Al_2O_3	Lump Powder	60-68	Lead Rubber Silicon Iron Stoneware		pH (1% solution) = 3.5
Copperas	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	55% $FeSO_4$	Crystals Granules	63-68	Lead Tin Wood		Efflorescent
Ferric Sulfate	$Fe_2(SO_4)_3$	90% $Fe_2(SO_4)_3$	Powder Granules	60-70	Lead Rubber Stainless Steel Plastics		Hygroscopic
Ferric Chloride	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	60% $FeCl_3$	Crystals	45-55	Rubber Glass Stoneware		Hygroscopic
Magnesium Oxide	MgO	95% MgO	Powder	25-35	Iron Steel		Essentially insoluble, fed in slurry form
Bentonite	Powder	60	Iron Steel		Essentially insoluble, fed in slurry form
Sodium Silicate	$Na_2O \cdot 3SiO_2$	41° Bè	Solution	87	Iron Steel Rubber		Solid grades are available with varied $Na_2O \cdot SiO_2$ ratios

ترکیبات فلزی از مدت‌ها قبل در تصفیه آب و فاضلاب مورد استفاده بوده‌اند ولی از ۱۹۷۰ صرف آنها در تصفیه فاضلاب بیشتر مورد توجه قرار گرفت و علل توجه مجدد بمصرف این مواد عبارتند از:

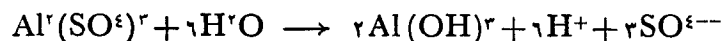
۱- بطور موثری در حذف فسفات مداخله مینمایند .
 ۲- روش تصفیه با استفاده از ترکیبات فلزی رامیتوان با روش تصفیه بیولوژیکی مخصوصاً بمنظور حذف مواد آلی که در برابر فعل انفعالات بیولوژیکی مقاومت درهم نمود. بعنوان مثال CoD باقیمانده در فاضلابی که قبلاً تصفیه شیمیائی با استفاده فلزی درباره آن انجام شده حدود ۱۰ تا ۲۰ میلی‌گرم در لیترست، در حالیکه همان فاضلاب اگر تنها تصفیه - بیولوژیکی درباره آن انجام گیرد CoD آن حدود ۱۰۰ یا بیشتر خواهد بود.
 استفاده از املاح فلزات سنگین بر اساس تئوری Schulze - Hardy که متکی بر خنثی شدن بار الکتریکی کلوئیدها بوسیله بار الکتریکی فلزات یا ترکیبات ناشی از هیدرولیز آنها توسعه یافته است. تنها مشکل مصرف این املاح گاهی تولید مقادیر زیادی لجن است که بسیار حجیم هستند. برای جلوگیری از حجیم شدن لجن هاست که متوسل بمصرف موادی بعنوان کمک منعقدکننده میشوند.

۱- سولفات آلومینم - این جسم که باختصار آلومین نامیده شده اولین بار توسط Bird در تصفیه آب مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات او بوسیله Auston - Willow تعقیب گردید و امروزه این جسم بیش از هر ماده دیگری در تصفیه آب و فاضلاب مورد استفاده قرار میگیرد. همانطور که قبلاً اشاره شد عمل کوآگولاسیون زاج در میدان از PH بین ۰ تا ۸ انجام میپذیرد و فلوکهای تشکیل شده در PH حدود ۱۰ بصورت محلول در میآیند موفقیت مصرف زاج در روشهای تصفیه به ۳ عامل مهم زیر بستگی دارد:

- ۱- میزان مورد نیاز آن باید دقیقاً معین شده باشد.
 - ۲- در آب آنیونی که بتواند عمل کوآگولاسیون را تسریع نماید موجود باشد.
 - ۳- در صورت لزوم PH آب را برای کوآگولاسیون اصلاح نمایند.
- Haris فرمول فرضی زیر را در مورد فعل انفعالات زاج با قلیائی محیط نوشته است :



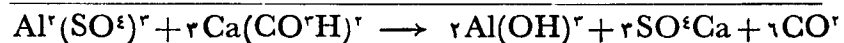
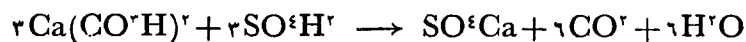
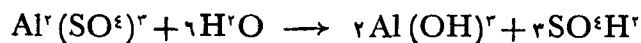
فرمول Haris رامیتوان باینصورت توجیه کرد که وقتی زاج باب اضافه گردد با یونهای هیدروکسیل آب در هم رفته و هیدروکسید آلومینم ، هیدرژن و یون سولفات تولید میشود



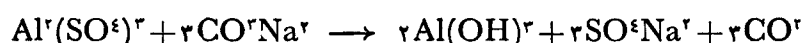
تولید یون هیدرژن از پیدایش هیدروکسید آلومینیم تا حدی ممانعت خواهد نمود مگر اینکه این یونها را از محیط خارج سازیم. بیکربناتهای موجود در آب مثل یک بافر بصورت زیر اینکار را انجام میدهد.



با این ترتیب فرمول Haris بصورت زیر خواهد بود



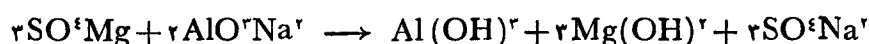
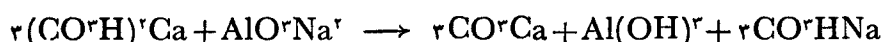
تشکیل هیدرات آلومینیم مرکزی تجمع برای مواد کلوئیدی بی بار شده و تولید فلوکهای درشتتر میباشد. در صورت نا کافی بودن قلیائی محیط برای ایجاد هیدرات آلومینیم از آهک و کربنات سدیم طبق روابط زیر استفاده میشود



متذکر میگردد در صورت استفاده از آهک و کربنات سدیم بهترست این مواد را کمی قبل از اختلاط زاج به آب اضافه نمایند. عیب و اشکال عمده مصرف زاج عبارتست از بالا رفتن سختی آب بعلت پیدایش سولفات کلسیم و بوجود آمدن مقداری گاز کربونیک که عاملی مهمی در خوردگیست، بعلاوه اگر املاح سدیم و پتاسیم آب زیاد باشد رسوبات حاصل از مواد کلوئیدی تا حدودی ریز خواهند بود.

از نظر تئوری هر میلی گرم در لیتر زاج میتواند، با ۰/۵ میلی گرم در لیتر قلیائی آب بحسب کربنات سدیم ۳۳/۰ میلی گرم در لیتر آهک و ۰/۵ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم ترکیب گردد. وجود این مقادیر کربنات کلسیم و آهک در آب آب و احیاناً اصلاح PH آب نتایج رضایت بخش از نظر کواگولاسیون خواهد داد. زاج تجارتنی در حدود ۱۷ درصد Al_2O_3 مؤثر دارد.

۲- آلومینات سدیم- این جسم هم در تصفیه آب و هم در بسک کردن آب میتواند مورد استفاده قرار گیرد. Baltzley و Mardery فعل انفعال زیر را در ترکیب آلومینات سدیم با آب پیشنهاد نموده اند.

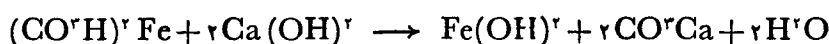
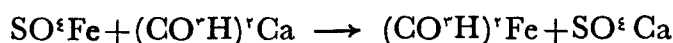


آلومینات سدیم بعلت خاصیت قلیائی احتیاجی بمصرف قلیائی اضافی ندارد. بعضی مواقع مخلوط سولفات آلومینم و آلومینات سدیم در کواگولاسیون نتایج بهتری داشته است. مصرف این جسم گاهی باعث باقیماندن حدود یک میلی گرم در لیتر آلومینیم در آب میشود و وجود این مقدار آلومینیم در آب از نظر بهداشتی بلامانع است.

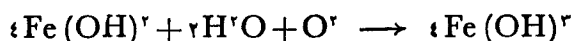
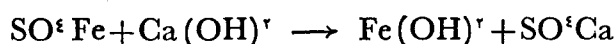
۳- کواگولانهای آهنگار= Wixford و Lake را باید اولین کسانی دانست که از ترکیبات آهنگار بعنوان ماده کواگولان استفاده کردند. Miller دریافت که فلوکهای تولید شده با آهن در شتر و سنگین تر از فلوکهای آلومینیم بوده و زود نمیشکنند، بعلاوه ترکیبات آهنگار در حرارتهای پائین تر بهتر عمل کرده و مصرف آهک توام با آنها نیز ضرورت دارد. بهترین انواع کواگولانهای آهنگار عبارتند از:

الف- سولفات فرو- مزیت عمده مصرف این جسم ارزانی قیمت آنست. مقدار مورد لزوم آن برای کواگولاسیون به رنگ آب- قلیائی طبیعی آب- مقدار گاز کربونیک آب موبوطست.

واکنش فرضی سولفات فرو با آب در صورتیکه این جسم اول و آهک بعداً اضافه شود بشرح زیر است:



در صورتیکه مصرف آهک پیش از سولفات انجام گیرد واکنش فرضی خواهد شد:



با توجه بفرمول اخیر در کواگولاسیون با سولفات فرو وجود اکسیژن محلول آب امریست ضروری و از نظر تئوری هر میلی گرم در لیتر سولفات فرو به ۰/۳ میل گرم در لیتر اکسیژن نیاز دارد. میزان آهک مورد لزوم برای اصلاح PH حدود ۲۷/۰ میلی گرم در لیتر هیدرات آهک ۰۹ درصد در برابر هر میلی گرم در لیتر سولفات فروست.

ب- سولفات فریک- بهترینهای مزایای کواگولانهای فریک بقرار زیر هستند:

۱- عمل کردن در میدان وسیعتری از PH در مقایسه با زاج

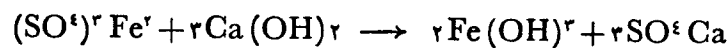
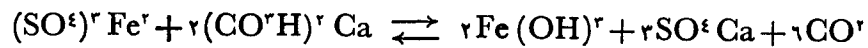
۲- زمان لازم کمتر برای تشکیل و در شتر و وزین تر بودن فلوکها

۳- حذف منگنز آب در PH حدود ۹

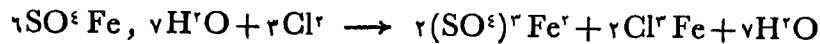
۴- حذف هیدرژن سولفور

۵- زایل شدن طعم و بوهای خاص آب با این کواگولانها

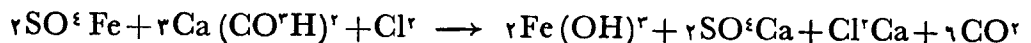
سولفات فریک که شاید بهترین کوآگولان اصلاح فریک باشد میتواند همراه ویا بدون آهک بکار رود از نظر اقتصادی با صرفه‌تر از جاج است. فعل انفعالات زیر رادرمورد آن با قلیائی آب نوشته‌اند:



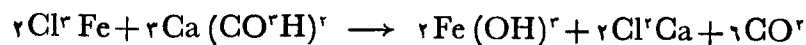
هیدرات فریک حاصل از این عمل هسته اصلی تجمع کلوئیدها بی‌بار میباشد. Chlorinated – Copperas که از اثر گاز کلر برسولفات فرو مطابق فرمول زیر بدست مییاید در کوآگولاسیون آب مصرف زیادی داشته و برای هر میلی‌گرم درلیتر سولفات فرو ۰/۱۳ میلی‌گرم درلیتر کلر لازمست.



فعل انفعال این ماده کوآگولان با قلیائی آب بشرح زیر خواهد بود



این کوآگولان درمیدانی از PH بین ۴ تا ۱۱ قابل انجامست. کلورفریک که درتجارت بصورت پودر- مایع- متبلور بفروش میرسد یکی از مهمترین مواد منعقد کننده مصرفی در تصفیه آب وفاضلابست و با آب فعل انفعال زیر برای آن نوشته شده است:



درصورت مصرف با آهک فعل انفعال زیر برای آن قابل پیش بینی است



چون کلورفریک باسانی در برابر هوا ورطوبت فاسد میشود لذا خوب نگهداری آن توصیه شده است. دستکاری کلورفریک خطرناک بوده ولی مصرف آن بمراتب از جاج با صرفه ترست بطوریکه هر میلی‌گرم درلیتر کلورفریک میتواند با ۰/۹۲ میلی‌گرم قلیائی آب ۰/۷۳ میلی‌گرم درلیتر هیدرات کلسیم وارد فعل انفعال گردد. از مواد مهمی دیگریکه میتواند در کوآگولاسیون مورد استفاده قرارگیرد پرمنگنات کلسیم است که طبق فرمول زیر درآب دیسوسیه میگردد:



مطالعات اولیه در مصرف این جسم بوسیله Charitschkoff بعمل آمد ولی بعلت امکان باقیماندن آثاری ازمنگنز درآب مصرف آن عمومیت ندارد.

کمک منعقد کننده‌ها

مشکلاتی که در امر کوآگولاسیون موجود بود محققین را وادار به جستجوی راهحل و یافتن مواد شیمیائی برای رفع این مشکلات نمود. چون PH آب بیش از سایر عوامل کوآگولاسیون دخالت دارد لذا مهمترین راهحل اشکالات بر اصلاح PH آب وفاضلاب تا حدود میدان عمل کوآگولان مورد نظر دور میزند. بعلاوه همانطور که میدانیم هرچه فلوکهای تشکیل شده وزین تر باشند سرعت ته نشینی آنها بیشترست، بنابراین استفاده ازموادیکه به درشت وزین تر شدن فلوکها کمک نماید نیز بعنوان رفع مشکلات کوآگولاسیون مورد مطالعه وتحقیق بوده است. بعضی از راهحل های رفع اشکال کوآگولاسیون منجر به ازین رفتن اثر تداخل مواد آلی در کوآگولاسیون میشود بنابراین استفاده ازمواده اکسیدان نیز میتواند بهبودی در عمل انعقاد حاصل نماید. مهمترین مواد کمک منعقد کننده بقرار زیر هستند:

۱- آهک- همانطور که قبلاً توضیح داده شد قلیائی آب گاهی کافی برای تولید هیدروکسید فلزات که هسته اصلی ایجاد فلوکست نمیشد، در این مواقع برای جبران کمبود قلیائی آهک استفاده میشود. از طرفی آهک خود بعنوان کوآگولان در آبهای که مقدار منیزیم آنها زیادست بکار رفته و در ازین بردن گاز کربونیک و کاهش سختی آب نیز نقشی دارد.

۲- کربنات سدیم- این جسم نیز در تثبیت PH آب و افزایش یونهای OH⁻ برای بهتر شدن کوآگولاسیون مخصوصاً در تاسیساتی که از ازدواج بعنوان کوآگولان استفاده مینمایند بکار میرود.

۳- سیلیس فعال- قبل از ظهور پلی الکترولیت های مصنوعی سیلیس فعال محل مشخصی در تصفیه آب بعنوان کمک معقد کننده داشت. در ۱۹۳۷ Balyis و همکارانش برای اولین بار بخاصیت این جسم بعنوان کمک انعقاد پی بردند. مطالعات بعدی در اثر این جسم بمنظور تسریع کوآگولاسیون بوسیله Graf و Hay انجام گردید. در مورد میزان سیلیس فعال مورد نیاز که بحسب میلی گرم در لیتر SiO₂ بیان میشود نسبت بمیزان زاج مصرف شده رقم صحیحی در دست نیست ولی بهترین مقدار آن را بین ۷ تا ۱۱ درصد مقدار زاج نوشته اند. در مورد افزایش سیلیس فعال قبل یا بعد از زاج اختلاف نظر موجود نیست زیرا در هر دو مورد نتایج خوبی بدست آمده است. یکی از بهترین خواص سیلیس فعال خوب عمل کردن آن در حرارت های پائین است و تنها مشکل عمل مصرف سیلیس فعال تهیه آنست.

۴- مواد جذب کننده- بعضی خاکها مثل Bentonit در تصفیه آب های رنگی و یا با کدورت کم مورد استفاده قرار میگیرد. فلوک های تشکیل شده در آب های رنگی با مصرف آمونیم بر اکتی ته نشین نمیشوند زیرا اختلاف وزن مخصوص فلوکها و آب بسیار کمست، ولی افزایش Bentonit باعث بالا رفتن وزن مخصوص فلوکها و در نتیجه سریعتر ته نشین شدن آنها میگردد. از طریق Bentonit مواد آلی که احتمالاً در عمل کوآگولاسیون تداخل می نمایند جذب و این خود باعث افزایش چسبندگی ذرات بیکدیگر خواهد گردید.

از نظر تجربی بمیزان ۱۰-۵۰ میلی گرم در لیتر از این خاک نتایج خوبی داشته است. Durham توضیح داده وقتی که خاک بآب افزوده میشود در آب الکتریسته تولید میگردد و چون آب هادی بدیست لذا بین آب و خاک اختلاف پتانسیل بوجود آمده که نتیجه آن جذب مواد کوآگوله شده بر روی خاکست.

۵- گاز کلر- گرچه این گاز جزو کوآگولانها نیست مع هذا میتوان از آن برای ازین بردن مواردیکه مانع تشکیل فلوک میشوند استفاده نمود، مخصوصاً در مواردیکه آب دارای مقادیر زیادی مواد آلی باشد و یا آبهای که با فاضلاب شهری آلوده شده اند از این گاز بعنوان کمک انعقاد استفاده میکنند.

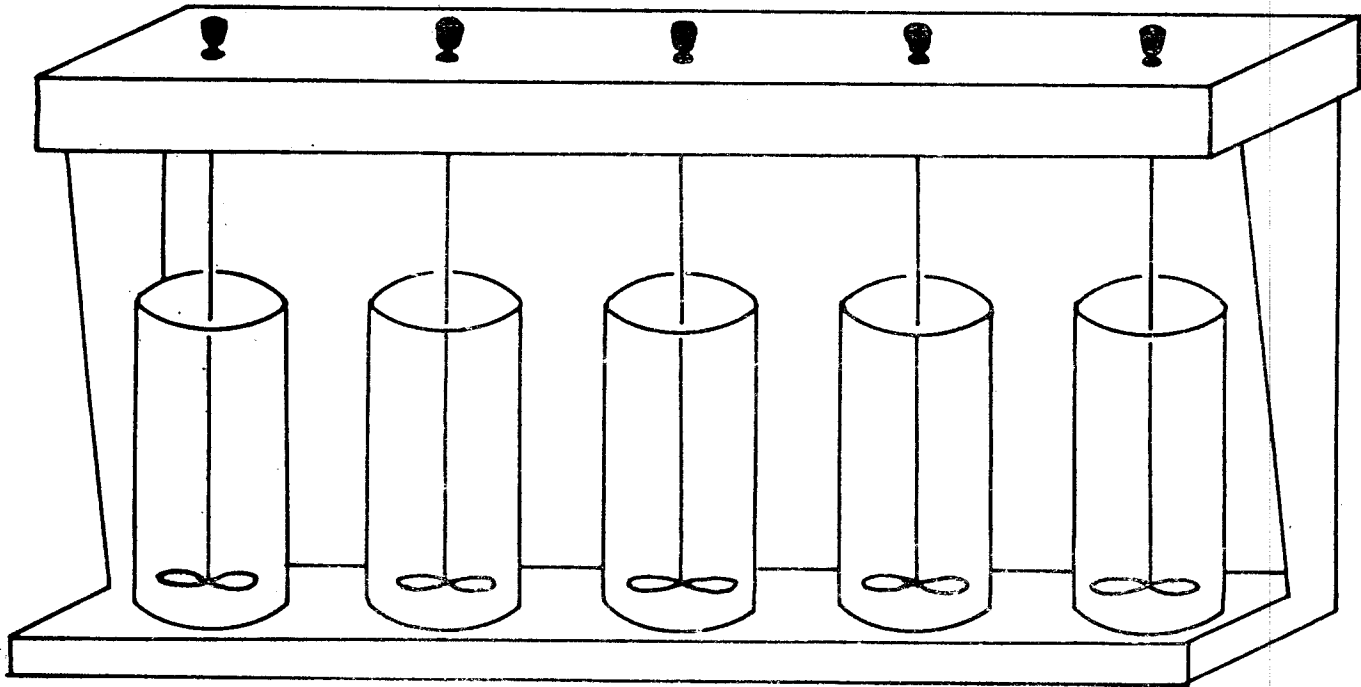
۶- پلی الکترولیتها- این ترکیبات که دارای خاصیت پلی مری و الکترولیتی هستند میتوانند اندازه فلوکها را بزرگتر کنند. از مدت ها پیش به خاصیت کمک انعقادی بعضی ترکیبات آلی طبیعی مثل نشاسته- سلولز- پلی ساکاریدها پی برده بودند با پیدایش پلی الکترولیت های مصنوعی مصرف انواع طبیعی آن رو بکاهش نهاده است. پلی الکترولیتها را در ۳ گروه آنیونی با بار منفی- کاتیونی با بار مثبت و بدون بار مطالعه می نمایند.

مصرف ۰/۵ میلی گرم در لیتر پلی الکترولیت میتواند در عرض دو دقیقه ۹۰ درصد فلوکها را ته نشین سازد. در صورتیکه با مصرف کوآگولان به تنهایی ته نشین شدن بیش از ۰ درصد فلوکها در دو دقیقه متصور نیست. مزایای مهم مهم مصرف پلی الکترولیتها بقرار زیر هستند:

- ۱- کاهش میزان مصرف کوآگولان
- ۲- کاهش احتمال تداخل بعضی مواد در کوآگولاسیون
- ۳- پلی الکترولیتها بعضی ارگانیسهای گیاهی و حیوانی را نیز کوآگوله مینمایند

تعیین میزان ماده کوآگولان

جارتست بهترین وسیله تعیین میزان ماده کوآگولان است در این دستگاه مطابق شکل (۲) از بهم زنهائی که میتوانند آب رادرسرعت های مختلف با ماده کوآگولان بهم بزنند استفاده شده و هر دستگاه از ۶ عدد بشریک لیتری با بهم زن مربوط و نوریکه از پایین و از پشت بداخل بشرها در حین کار تاییده میشود مجهز هستند.



شکل ۲

قبل از شروع آزمایش معمولاً PH-قلیائیت کل- مواد معلق آب یا پس آب مورد آزمایش را اندازه گیری میکنند. مواد منعقد کننده را در غلظتهای مختلف قبلاً تهیه کرده و در هر یک از بشرهای دستگاه جارتست یک لیتر از نمونه مخلوط شده را میریزند و بآنها بترتیب تصاعدی از محلولهای کوآگولان اضافه و بهم زنها را برای مدت حداکثر یک دقیقه با مدعت ۹۰ دور برآه انداخته تا اختلاط کامل بین آب یا پس آب با ماده کوآگولان حاصل گردد سپس بهم زدن را بمدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه برای انجام فلوکولاسیون ادامه میدهند. در حین عملیات بهترست زمان تشکیل اولین فلوک یادداشت شود و بعد از زمان ۲۰ دقیقه که دستگاههای بهم زن را از کار میاندازند زمان ته نشینی فلوکهای تشکیل شده را نیز یادداشت مینمایند.

بدیهی است در کوآگولاسیون و فلوکولاسیون همواره مقداری از ماده کوآگولان ایده آل آنستکه در حداقل مصرف بهترین نتیجه را از نظر تشکیل فلوکها تولید کرده باشد و قطعاً بالاترین میزان ماده منعقد کننده که بطور حتم بهترین فلوک را بوجود خواهد آورد نباید ملاک تعیین میزان ماده کوآگولان باشد.

بعد از تعیین بشریکه نتایج حاصل از کوآگولاسیون و فلوکولاسیون آن مورد قبولست میزان لجن حاصل از آن در استوانه مدرج یا قیف ایمهوف اندازه گیری گردیده و این لجن در حقیقت مبنای محاسبات مربوط به حوضهای ته نشینی است. در آب ته نشین شده علاوه بر PH قلیائیت و میزان کدورت را اندازه گیری نموده و نسبت به کیفیت آب تصفیه شده با توجه بار قلم فوق مطالعه و قضاوت میکنند. باید توجه داشتکه در صورتیکه PH یا قلیائی آب احتیاج به اصلاحاتی داشته باشد در گزارش مربوط به میزان ماده منعقد کننده مقدار ماده کمک منعقد کننده نیز قید گردد.

گاهی اوقات برای سهولت در انتخاب میزان ماده کوآگولان فلوکهای تشکیل شده در بشرها را از نظر نوع و اندازه و سرعت ته نشینی نمراتی بترتیب زیر میدهند:

صفر	فلوکه‌های غیر قابل رؤیت
۲	فلوکه‌های بسیار ریز
۴	فلوکه‌های قابل رؤیت
۶	فلوکه‌های متوسط
۸	فلوکه‌های خوب
۱۰	فلوکه‌های خیلی خوب

عملاً ترجیح می‌دهند که میزان ماده منعقدہ فلوکه‌هایی بین ۶ تا ۸ تولید کند زیرا همانطور که گذشت مصرف زیادتر مواد کواگولان نتایج بهتری میدهد ولی مصرف مقدار زیادتر این مواد با توجه بمسائل اقتصادی مقرون بصرفه نیست.

منابع

- 1- Water-Quality Engineering W. W. Eckenfelder 1970
- 2- Wastewater Engineering Metcalf & Eddg 1973
- 3- Water. Science & Technology T. H. y. Tebbut 1973
- 4- Water. Treatment Handbook Degremont 1973
- 5- Chemistry for Sanitary Engineering c. N. Sawyer 1967