

## بررسی کارایی اثر لجن برگشتی زلال ساز تصفیه خانه آب اهواز به حوضچه اختلاط سریع در حذف کدورت، باکتری های کلیفرم، باکتری های هتروتروفیک و COD از آب رودخانه کارون

آزاده میرزایی<sup>۱</sup>، افشین تكدستان<sup>۲</sup>، سيد نادعلی علوی بختياروند<sup>۳</sup>

نویسنده مسئول: خوزستان، اهواز، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [afshin\\_ir@yahoo.com](mailto:afshin_ir@yahoo.com)

دریافت: ۹۰/۰۲/۰۴ پذیرش: ۹۰/۰۵/۰۲

### چکیده

**زمینه و هدف:** در تصفیه خانه های آب علاوه بر تعیین ماده منعقدکننده مناسب برای حذف کدورت، یافتن روش هایی که در عین کارایی موثر منجر به کاهش مقدار مصرف ماده منعقدکننده و هزینه شود از اهمیت به سزایی برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر لجن برگشتی در بهبود عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت، باکتری های کلیفرم، باکتری های هتروتروفیک در مرحله اختلاط سریع از آب آشامیدنی صورت پذیرفت.

**روش بررسی:** به منظور تعیین حجم بهینه لجن برگشتی تزریقی به مرحله اختلاط سریع به همراه پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و باکتری های هتروتروف، آزمایشات بر مبنای متغیرهایی چون حجم لجن تزریقی (۰ تا ۱۲۵ میلی لیتر) و کدورت های مختلف بین NTU58-112 صورت پذیرفت. در پایان هر آزمایش جار، کدورت باقی مانده و پارامترهای میکروبی نمونه ها اندازه گیری شده و کارایی ماده منعقدکننده در حذف کدورت و پارامترهای میکروبی با استفاده از آنالیز کوواریانس ودانکن تعیین ونمودارهای مربوط با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شد واز نظر آماری ( $P < 0/05$ ) معنی دار تلقی گردید.

**یافته ها:** حجم لجن برگشتی بهینه به همراه پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت با حداکثر کارایی حذف کدورت برابر ۹۸/۳۱٪ در دوز ppm ۱۰ در حجم لجن تزریقی برابر ۱۰ میلی لیتر مشاهده شد. همچنین حداکثر کارایی حذف کدورت برابر ۹۸/۹۲٪ در دوز ppm ۳۰ در حجم لجن تزریقی برابر ۴ میلی لیتر مشاهده شده است.

**نتیجه گیری:** این مطالعه نشان داد که با افزایش لجن به مرحله اختلاط سریع کدورت نمونه کاهش پیدا می کند.

**واژگان کلیدی:** انعقاد، برگشت لجن، پلی آلومینیوم کلراید، کدورت، کلیفرم

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۲- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت و عضو مرکز تحقیقات فناوری های زیست محیطی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

۳- دکترای بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

## مقدمه

طی فرایند انعقاد از مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده مختلفی استفاده می شود. مواد منعقدکننده شامل موادی هستند که جهت ناپایدارسازی ذرات و چسباندن آنها به یکدیگر استفاده می شوند. در حالی که هدف از اضافه کردن مواد منعقدکننده افزایش دانسیته ذرات به هم چسبیده و کمک به ته نشینی سریعتر آنها است (۱). به طور معمول نمک های فلزی نظیر سولفات آلومینیوم (آلوم)، سولفات فریک، سولفات فرو، کلرید فریک و پلی آلومینیوم کلراید به عنوان منعقدکننده و ترکیباتی نظیر آلومینات سدیم، بتونیت، سیلیکات سدیم (سیلیس فعال) و انواع پلی الکترولیت های کاتیونی، آنیونی و غیر یونی به عنوان کمک منعقدکننده در تصفیه آب جهت حذف کدورت مورد استفاده قرار می گیرند (۲ و ۳).

پلی آلومینیوم کلراید (PACl) در غلظت های پایین در محیط آبی تشکیل کمپلکس چند هسته ای داده و همین خاصیت باعث توانایی منحصر به فرد این منعقدکننده در فرایند انعقاد می گردد. این ماده دارای ساختار پلیمری به فرمول عمومی می باشد  $(Al_3(OH)_{b-x}Cl_x \cdot YH_2O)_z$  که طی واکنش هیدروکسید آلومینیوم با اسید کلریدریک مطابق واکنش ۱ تولید می شود.

$$2Al(OH)_3 + nHCl \rightarrow Al_2(OH)_nCl_{6-n} + H_2O \quad (1)$$
 مقدار Z بین ۱۲ تا ۱۸ متغیر است. ولی برای فرمولاسیون مفید در ۹۵ درصد ترکیبات Z برابر با ۱۵ می باشد (۳).

در مولکول های پلی آلومینیوم کلراید، آلومینیوم به صورت پلیمری شامل عوامل هیدروکسید و کلراید و در بعضی انواع آن سولفات و نمک های معدنی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلراید و غیره است برخلاف سولفات آلومینیوم که بخش کوچکی از آن به صورت منومر ظاهر می شود در مولکول پلی آلومینیوم کلراید بخش عمده آلومینیوم به شکل پلیمرهای بزرگ آلیگومر از کاتیون های  $Al_{13}$  با یون های  $+7$  به صورت  $[Al_{13}(OH)_{24}O_4(H_2O)]^{17}$  ظاهر می شود (۴-۶).

محدوده عمل وسیع pH، حساسیت کمتر نسبت به حرارت، باقی گذاردن باقی مانده کمتر نسبت به منعقدکننده های فلزی

دیگر، کاهش لجن تولیدی و سهولت آبیگری لجن از جمله مزایای پلی آلومینیوم کلراید است که افزایش مصرف آن را در تصفیه آب به دنبال داشته است (۵).

هدف از این تحقیق استفاده از لجن دورریز زلال ساز تصفیه خانه آب اهواز به عنوان یک کمک منعقدکننده جهت بهبود عمل انعقاد در حذف آلاینده ها و کاهش دوز منعقدکننده اصلی پلی آلومینیوم کلراید در نتیجه کاهش هزینه های اقتصادی و اثرات بهداشتی ناشی از آلومینیوم احتمالی آزاد شده در آب است.

## مواد و روش ها

این مطالعه درمقیاس آزمایشگاهی و با استفاده از دستگاه جارتست مدل JLT6 ساخت کشور آلمان و دستگاه کدورت سنج با نام تجاری HACH مدل N2100 در سال ۱۳۸۸ در آزمایشگاه تصفیه خانه آب شماره ۲ اهواز انجام پذیرفت. منبع آب این تصفیه خانه، رودخانه کارون است و این تصفیه خانه آب شرق و غرب شهر اهواز را تامین می کند تصفیه خانه کیان آباد (شماره ۲) ظرفیت تولید ۴۰۰۰۰۰ تا ۳۹۰۰۰۰ مترمکعب در روز آب شرب را دارد. نمونه آب خام از ورودی تصفیه خانه برداشت شد و بروی هریک از نمونه ها بعد از انتقال به آزمایشگاه، آمیزش های اولیه انجام گردید. در مرحله مقدماتی تحقیق pH بهینه معادل ۸، دوز بهینه پلی آلومینیوم کلراید (PACl) معادل ۱۰ و ۳۰ میلی گرم در لیتر و سرعت اختلاط سریع بهینه برابر ۱۲۰ rpm تعیین شدند. تنظیم pH نمونه ها با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۰۱ نرمال صورت پذیرفت. در مرحله بعد برای تعیین حجم بهینه لجن برگشتی از حجم های مختلف لجن استفاده شد که نهایتاً بازه ۰ تا ۱۲۵ میلی گرم در لیتر لجن انتخاب گردید و به نمونه های آب اضافه شد. بعد از تعیین حجم بهینه لجن برگشتی میزان حذف کدورت، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، HPC (شمارش بشقابی باکتری های هتروتروفیک) و همچنین قلیابیت، pH، حجم لجن ته نشین شده به همراه حجم بهینه لجن برگشتی تعیین گردید. لازم به ذکر است که روش های اندازه گیری پارامترهای کیفی

لجن تزریقی بین ۰ تا ۱۲۵ میلی لیتر، در گستره ای بین ۱/۳۹ تا ۱۸/۷۰ NTU قرار داشته است. میانگین کدورت خروجی در دوز PACI برابر ۳۰ ppm همراه با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۱۲۵ میلی لیتر، در گستره ای بین ۱/۰۹ تا ۲۰/۱۰ قرار داشته است. با توجه به آزمون ANOVA با  $(P < ۰/۰۵)$  تفاوت معناداری بین حجم لجن تزریقی و درصد حذف کدورت وجود دارد. براساس آزمون دانکن درصد راندمان حذف کدورت در حجم های مختلف لجن تزریقی به ۶ دسته طبقه بندی شد که حجم لجن افزوده شده برابر ۱۰ میلی لیتر دارای بیشترین درصد راندمان حذف بوده است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره برای دوز PACI برابر ۱۰ ppm به همراه حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۱۲۵ میلی لیتر، بین حداقل ۶۹/۳۱ درصد تا ۹۸/۳۰ درصد بوده است. حداکثر راندمان حذف کدورت در دوز ۱۰ ppm در حجم لجن تزریقی ۱۰ cc مشاهده شده است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره برای دوز PACI برابر ۳۰ ppm به همراه حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۱۲۵ میلی لیتر، بین حداقل ۶۵/۸۶ درصد تا ۹۸/۵۰ درصد بوده است. حداکثر راندمان حذف کدورت در دوز ۳۰ ppm در حجم لجن تزریقی ۳ cc مشاهده شده است اما به دلیل اختلاف ناچیز راندمان حذف کدورت در حجم پایین تر از ۱۰ cc لجن تزریقی و عملکرد تقریباً یکسان بنابراین حجم

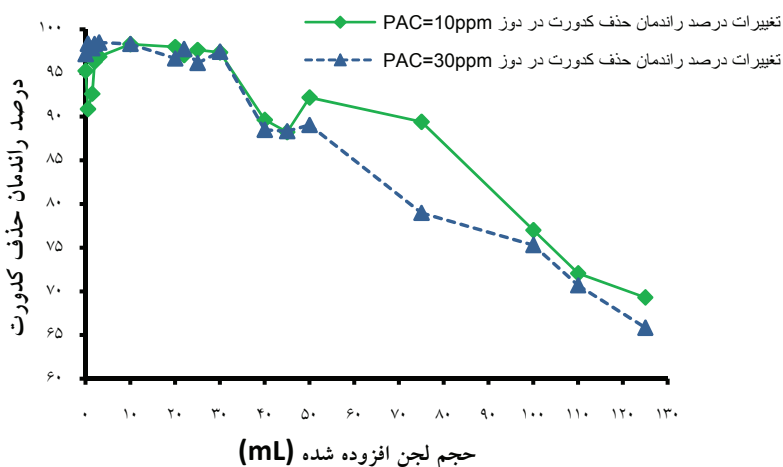
بر اساس روش های استاندارد انجام شد (۷). عمل اختلاط سریع با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت ۱ دقیقه، که در این مرحله حجم های مختلف لجن به نمونه ها اضافه شد و اختلاط کند با سرعت ۳۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه، ۲۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه و ۱۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. پس از پایان عمل اختلاط آرام، نمونه برای مدت ۳۰ دقیقه جهت ته نشینی در شرایط سکون نگه داشته شد سپس از ۵ سانتی متری زیر سطح آب درون بشرهای جارتست با استفاده از پیت اقدام به نمونه گیری جهت آزمایش ها شد. در پایان هر مرحله تاثیر هر پارامتر در حذف کدورت با استفاده از آنالیز کوواریانس و دانکن تعیین و نمودارهای مربوط با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شد.

## یافته ها

### ۱- تعیین راندمان حذف کدورت در شرایط بهینه

#### عملکرد PACI به همراه برگشت لجن

راندمان حذف کدورت توسط لجن زلال ساز به عنوان ماده کمک منعقدکننده طبیعی در شکل ۱ نشان داده شده است. میانگین کدورت ورودی در این مرحله از نمونه برداری در گستره ۵۸ تا ۹۵/۰۵ NTU قرار داشت در حالی که میانگین کدورت خروجی در دوز PACI برابر ۱۰ ppm به همراه حجم



شکل ۱: روند تغییرات درصد حذف کدورت نسبت به تغییرات حجم لجن افزوده شده در مرحله اختلاط سریع

تا ۸ میلی لیتر بین ۹۸/۸۰ درصد تا ۹۸/۹۲ درصد بوده است. شکل ۲ راندمان حذف کدورت را در حجم بهینه لجن برگشتی در مرحله اختلاط سریع را نمایش می دهد.

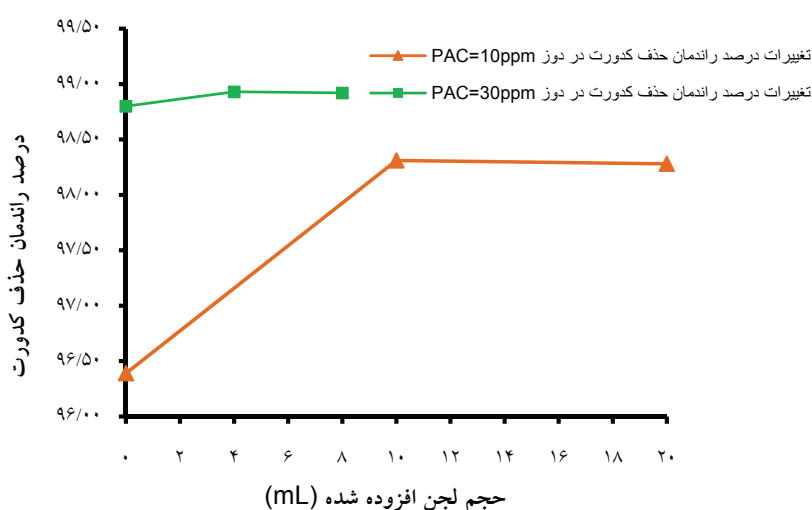
ب. تعیین راندمان حذف کلیفرم کل در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی میانگین کلیفرم کل ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری ۱۰۰ MPN/cc ۴۳۰۰ بوده است. در این مدت میانگین کلیفرم کل خروجی برای دوز ۱۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر در گستره برابر ۱۰۰ MPN/cc ۱۸۵ تا ۱۰۱۵ قرار داشته است. همچنین میانگین کلیفرم کل خروجی برای دوز ۳۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۸ میلی لیتر در گستره برابر ۱۰۰ MPN/cc ۱۹۵ تا ۴۸۰ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کلیفرم کل مطابق شکل ۳ برای دوز ۱۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر در گستره برابر ۷۵/۴۲ درصد تا ۹۵/۶۸ درصد بوده است در حالی که میزان راندمان حذف کلیفرم کل برای دوز ۳۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۸ میلی لیتر در گستره برابر ۸۸/۳۴ درصد تا ۹۵/۴۸ درصد بوده است.

ج. تعیین راندمان حذف کلیفرم مدفوعی در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی میانگین کلیفرم مدفوعی ورودی در طول این مرحله از

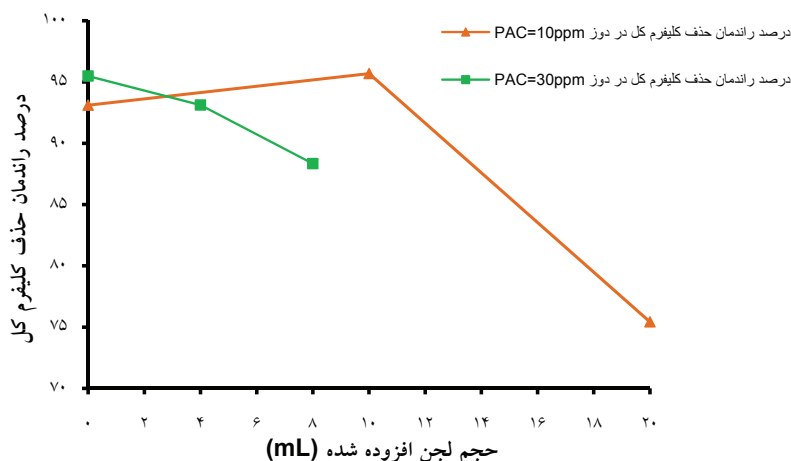
۴ و ۸ به عنوان حجم لجن برگشتی بهینه انتخاب شدند. نتایج نشان داد که با افزایش حجم لجن تزریقی، فلوک های تشکیل شده کوچکتر، سبک تر، استحکام کمتر و سرعت ته نشینی پایین تری داشتند.

۲: تعیین راندمان حذف کدورت، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی، باکتری های هتروتروفیک و حجم لجن ته نشین شده در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه حجم بهینه لجن برگشتی

الف. تعیین راندمان حذف کدورت در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه حجم بهینه لجن برگشتی در این مرحله میانگین کدورت ورودی ۱۳۵ NTU بود و میانگین کدورت خروجی برای دوز ۱۰ ppm پلی آلومینیوم کلراید به همراه لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر معادل ۲/۱۸۵ NTU و ۴/۶۹۵ قرار داشته است. همچنین میانگین کدورت خروجی برای دوز ۳۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۸ میلی لیتر برابر ۱/۳۷ NTU و ۱/۵۱ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کدورت در این دوره برای دوز ۱۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر بین ۹۶/۳۹ درصد تا ۹۸/۳۱ درصد بوده است. همچنین میزان راندمان حذف کدورت در این دوره برای دوزهای ۳۰ ppm با حجم لجن تزریقی بین ۰



شکل ۲: روند تغییرات درصد حذف کدورت نسبت به حجم بهینه لجن برگشتی

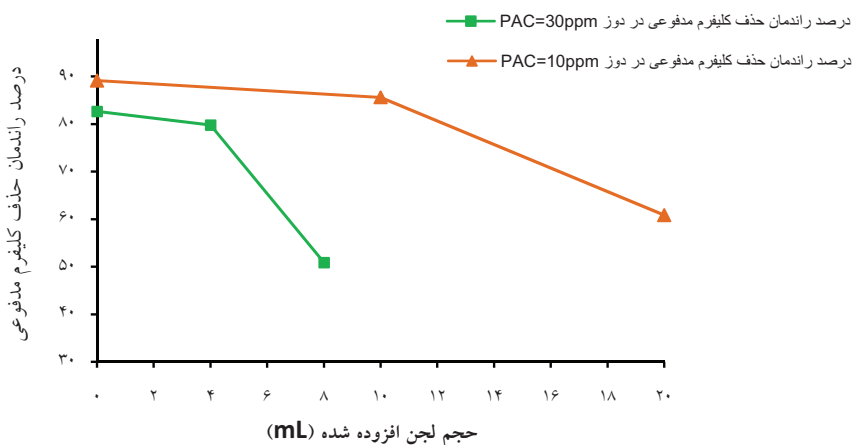


شکل ۳: روند تغییرات درصد حذف کلیفرم کل نسبت به حجم بهینه لجن برگشتی

شکل ۴ بازده حذف کلیفرم مدفوعی را در حجم بهینه لجن برگشتی در مرحله اختلاط سریع را نمایش می دهد که مطابق این شکل با افزایش لجن، کلیفرم مدفوعی نیز افزایش می یابد. د. تعیین راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی

میانگین باکتری های هتروتروفیک ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری ۷۲۰۰ CFU/ml بوده است. در این مدت میانگین باکتری های هتروتروفیک خروجی برای دوز ppm ۱۰ با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر در گستره برابر ۸۸ تا ۱۵۹ CFU/ml قرار داشته است. میانگین باکتری های هتروتروفیک خروجی برای دوز ppm ۳۰ با حجم لجن تزریقی

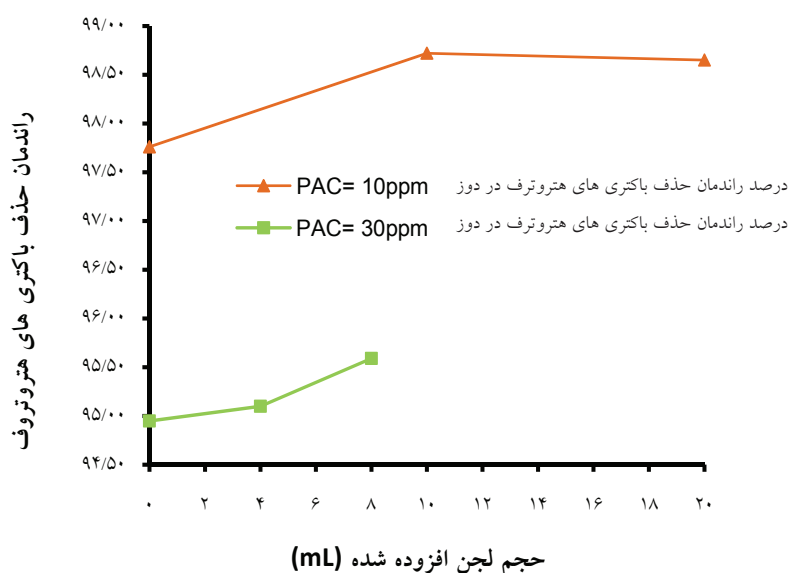
نمونه برداری ۱۰۰ MPN/cc ۸۴۰ بوده است. در این مدت میانگین کلیفرم مدفوعی خروجی برای دوز ppm ۱۰ با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر در گستره برابر ۱۰۰ MPN/cc ۹۱ تا ۳۵۰ قرار داشته است. میانگین کلیفرم مدفوعی خروجی برای دوز ppm ۳۰ با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۸ میلی لیتر در گستره برابر ۱۰۰ MPN/cc ۱۵۳ تا ۴۱۰ قرار داشته است. میزان راندمان حذف کلیفرم مدفوعی برای دوز ppm ۱۰ با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۲۰ میلی لیتر در گستره برابر ۶۰/۸۲ درصد تا ۸۹/۱۱ درصد بوده است. در صورتی که میزان راندمان حذف کلیفرم مدفوعی در این دوره خروجی برای دوز ppm ۳۰ با حجم لجن تزریقی بین ۰ تا ۸ میلی لیتر در گستره برابر ۵۰/۸۸ درصد تا ۸۲/۶۴ درصد بوده است.



شکل ۴: روند تغییرات درصد حذف کلیفرم مدفوعی نسبت به حجم بهینه لجن برگشتی

COD در این دوره خروجی برای دوز 10 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 20 میلی لیتر در گستره برابر 21/41 درصد تا 46/22 درصد بوده است. همچنین میزان راندمان حذف COD در این دوره خروجی برای دوز 30 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 8 میلی لیتر در گستره برابر 23/11 درصد تا 34/37 درصد بوده است. شکل 6 راندمان حذف COD را در حجم بهینه لجن برگشتی در مرحله اختلاط سریع را نمایش می دهد. با افزایش لجن در دوز 30 ppm راندمان حذف COD کاهش می یابد در حالی که در دوز 10 ppm با افزایش لجن راندمان حذف COD افزایش می یابد.

بین 0 تا 8 میلی لیتر در گستره برابر 34/8 CFU/ml تا 40/0 قرار داشته است. میزان راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک در این دوره خروجی برای دوز 10 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 20 میلی لیتر در گستره برابر 97/76 درصد تا 98/72 درصد بوده است. در حالی که میزان راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک در این دوره خروجی برای دوز 30 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 8 میلی لیتر در گستره برابر 94/95 درصد تا 95/59 درصد بوده است. شکل 5 راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک را در حجم بهینه لجن برگشتی در مرحله اختلاط سریع را نمایش می دهد.

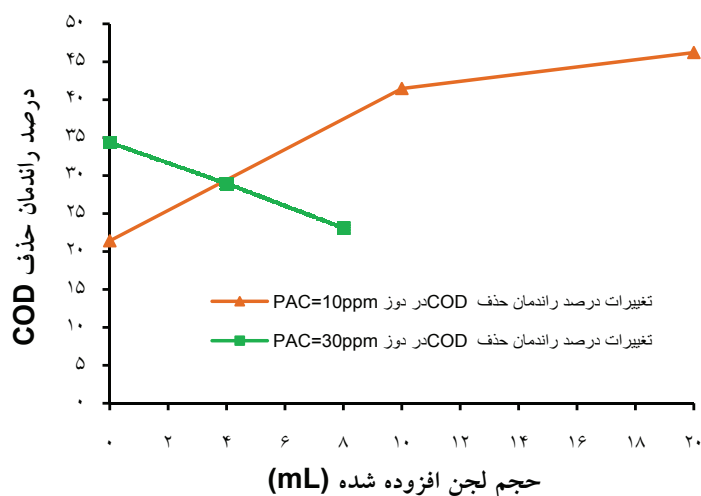


شکل 5: روند تغییرات درصد حذف باکتری های هتروتروفیک نسبت به حجم بهینه لجن برگشتی

### بحث

در این تحقیق از لجن حوضچه زلال‌ساز به عنوان کمک منعقدکننده بخصوص در مواقعی از سال که کدورت آب ورودی به تصفیه خانه پایین است، استفاده شد. در این شرایط مکانیسم غالب از نوع جذب سطحی یا جارویی یا ترکیبی از دو مکانیسم است. شکل 1 اثر حجم لجن افزوده شده در مرحله اختلاط سریع بر روی راندمان حذف کدورت را نشان می دهد. همان طور که از این شکل استنباط می شود با افزایش لجن در این مرحله مقدار کدورت نمونه ها کاهش می یابد ولی در یک

هم. تعیین راندمان حذف COD در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی میانگین باکتری های COD ورودی در طول این مرحله از نمونه برداری 8/216 mg/Lit بوده است. در این مدت میانگین COD خروجی برای دوز 10 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 20 میلی لیتر در گستره برابر 4/424 تا 6/478 mg/Lit قرار داشته است. میانگین COD خروجی برای دوز 30 ppm با حجم لجن تزریقی بین 0 تا 8 میلی لیتر در گستره برابر 5/372 تا 6/322 mg/Lit قرار داشته است. میزان راندمان حذف



شکل ۶: روند تغییرات درصد حذف COD نسبت به حجم بهینه لجن برگشتی

کردند ولی به نتایج مطلوبی دست نیافتند. کدورت پساب ناشی از ته نشینی قبل از انجام این کاردر رنج ۳۰-۵۰ NTU بوده ولی هم اکنون ( $\pm 0/4$  NTU) ۳ NTU است و پساب فیلترها حاوی ۰/۵-۰/۳ NTU هستند. بعد از برگشت لجن پساب زلالی از فیلتر خارج می شد که HPC به شدت پایین ( $< 10$  CFU/mL) را داشت. قبل از برگشت لجن نتایج HPC ( $100000$  CFU/mL) بودند (۸).

آوید بنی هاشمی در سال ۱۳۸۶ به بررسی مقایسه ماده منعقدکننده PACI با کلرید فریک، بهینه سازی شرایط کاربرد و بررسی استفاده توأم آن با بنتونیت برای حذف کدورت از آب خام تهران پرداخت وافت pH کمتری با کاربرد پلی آلومینیوم کلراید نسبت به کلرید فریک مشاهده شد. با اضافه کردن بنتونیت به عنوان کمک منعقدکننده عملیات حذف کدورت به طور چشمگیری بهبود یافت. به گونه ای که علاوه بر کاهش قابل توجه مقادیر غلظت های بهینه، درصد حذف کدورت نیز در این غلظت ها، با کلرید فریک و به خصوص با پلی آلومینیوم کلراید، بهبود یافت.

در بررسی راندمان حذف کدورت در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید به همراه حجم بهینه لجن برگشتی مطابق شکل ۲ حداکثر راندمان حذف کدورت برابر ۹۸/۳۱٪ در دوز ۱۰ ppm در حجم لجن تزریقی

محدوده مشخص شروع به کاهش می کند که در دوز PACI برابر ۱۰ ppm نسبت به دوز PACI برابر ۳۰ ppm این کاهش بیشتر است. زمانی که PACI= ۱۰ ppm به تنهایی به نمونه آب تزریق می شود فلوک های درشت تر و مستحکم تری نسبت به زمانی که PACI= ۳۰ ppm به تنهایی به نمونه آب تزریق می شود را تشکیل می دهد. کدورت نهایی نمونه در دوز PACI برابر ۱۰ ppm در حالت هایی که حجم لجن تزریقی در گستره ۲-۳۰ میلی لیتر از نمونه شاهد حتی کمتر بود. در حجم های بالاتر لجن تزریقی کدورت نهایی بیشتر از نمونه شاهد بود ولی نسبت به کدورت ورودی کمتر بود. اما کدورت نهایی نمونه در دوز PACI برابر ۳۰ ppm در حالت هایی که حجم لجن تزریقی در گستره ۰/۵-۱۰ میلی لیتر از نمونه شاهد حتی کمتر بود در حجم های بالاتر لجن تزریقی کدورت نهایی بیشتر از نمونه شاهد بود ولی نسبت به کدورت ورودی کمتر بود. نوع رابطه بین حجم لجن افزوده شده و کدورت خروجی در دوزهای ۱۰ و ۳۰ از نوع خطی و ضریب ارتباط  $R^2$  بین این دو متغیره ترتیب برابر ۰/۸۰۶۹ و ۰/۹۳۲۹ است. در سال ۲۰۰۳، McLane جهت بهبود کیفیت آب با برگشت لجن ته نشین شده در تصفیه خانه Fort Madison تحقیقی انجام دادند. در ابتدا جهت افزایش کدورت در زمان کاهش کدورت آب ورودی به تصفیه خانه، بنتونیت به آب ورودی اضافه

مصرفی پلی آلومینیوم کلراید است. حداکثر و حداقل راندمان حذف COD برای دوز ppm ۱۰ معادل ۲۱/۴۱٪ و ۴۶/۲۲٪ به ترتیب در حجم لجن cc ۲۰ و نمونه شاهد مشاهده شده است. حداکثر و حداقل راندمان حذف COD برای دوز ppm ۳۰ معادل برابر ۲۳/۱۱ درصد و ۳۴/۳۷ درصد به ترتیب در حجم لجن cc ۰ (نمونه شاهد) و ۸ میلی لیتر مشاهده شده است. تکدستان و همکارانش در سال ۱۳۸۵ تحقیقی را در زمینه استفاده از نشاسته به عنوان کمک منعقدکننده طبیعی بر روی تصفیه خانه آب اهواز انجام دادند نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که نشاسته در حذف کدورت آب و میکروارگانیسم ها از کارایی بالایی برخوردار است (۹).

Lee و همکارانش در سال ۲۰۰۵ از لجن تصفیه خانه تصفیه خانه آب برای حذف مس از سیستم آبی بدون پیش تصفیه اولیه در راکتور بستر سیال (FBR) استفاده کردند. اکسیدهای آهن و آلومینیوم بیش از ۸۴٪ ترکیب لجن را تشکیل می دادند. نتایج حاصل این تحقیق نشان داد که pH در عین حال که به روی راندمان حذف مس تاثیر می گذارد بر روی خصوصیات لجن نیز تاثیر دارد. در FBR راندمان حذف مس زمانی که  $pH = 4$ ، غلظت اولیه مس معادل ۲۰ میلی گرم در لیتر و زمان بهره برداری ۳۰ دقیقه بود راندمان حذف مس معادل ۹۰٪ حاصل شد. در  $pH = 7$ ، غلظت اولیه مس معادل ۲۰ میلی گرم در لیتر و زمان بهره برداری ۳۰ دقیقه راندمان حذف به ۹۵٪ رسید که یون مس به صورت  $Cu(OH)_2$  به روی سطح لجن زلال ساز رسوب کرد. از جمله دیگر نتایج این تحقیق این است که لجن زلال ساز شبیه رس است و می تواند به عنوان یک جاذب موثر و اقتصادی برای حذف مس به کار رود (۱۱).

### نتیجه گیری

با افزایش لجن زلال ساز به عنوان کمک منعقدکننده عملیات حذف کدورت بهبود یافت. حجم لجن برگشتی بهینه همراه پلی آلومینیوم کلراید در حذف کدورت با حداکثر کارایی حذف برابر ۹۸/۳۱٪ در دوز ppm ۱۰ در حجم لجن تزریقی برابر ۱۰

برابر ۱۰ میلی لیتر مشاهده شده همچنین حداکثر راندمان حذف کدورت برابر ۹۸/۹۲٪ در دوز ppm ۳۰ در حجم لجن تزریقی برابر ۴ میلی لیتر مشاهده شده است. راندمان حذف کلیفرم کل در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی مطابق شکل ۳ حداکثر راندمان حذف کلیفرم کل برای دوز ppm ۱۰ در حجم لجن تزریقی cc ۱۰ برابر ۹۵/۶۸٪ است. حداکثر راندمان حذف کلیفرم کل برای دوز ppm ۳۰ در نمونه شاهد مشاهده شده است که در حجم لجن تزریقی cc ۴ راندمان حذف کلیفرم کل برابر ۹۳/۱۲٪ بوده است. در حالی که راندمان حذف کلیفرم مدفوعی در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی بر اساس شکل ۴ با افزایش لجن، مقدار کلیفرم مدفوعی نسبت به نمونه شاهد افزایش می یابد ولی نسبت به کلیفرم مدفوعی ورودی کمتر است. حداکثر راندمان حذف کلیفرم مدفوعی برای نمونه شاهد برای دوز ppm ۱۰ معادل ۸۹/۱۱٪ مشاهده شد. حداکثر راندمان حذف کلیفرم مدفوعی برای دوز ppm ۳۰ در نمونه شاهد معادل ۸۲/۶۴٪ مشاهده شد.

راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی مطابق شکل ۵ حداکثر راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک برای دوز ppm ۱۰ در حجم cc ۱۰ معادل ۹۸/۷۲ درصد مشاهده شد و حداکثر راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک برای دوز ppm ۳۰ در حجم cc ۸ معادل ۹۵/۵۹ درصد مشاهده شده است. همان طور که از نمودار نیز معلوم است راندمان حذف باکتری های هتروتروفیک برای دوز ppm ۱۰ بالاتر است.

راندمان حذف COD در شرایط بهینه عملکرد منعقدکننده پلی آلومینیوم کلراید و حجم بهینه لجن برگشتی مطابق شکل ۶ با افزایش لجن در دوز ppm ۳۰ راندمان حذف COD کاهش می یابد در حالی که در دوز ppm ۱۰ با افزایش لجن راندمان حذف COD افزایش می یابد که این مورد به دلیل تفاوت دوز

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه مسئولین و کارکنان آزمایشگاه تصفیه خانه آب کیان آباد اهواز سپاس گزاری می شود.

میلی‌متر ... حداکثر کارایی حذف کدورت برابر ۹۸/۹۲٪ در دوز ۳۰ ppm در حجم لجن تزریقی برابر ۴ میلی‌لیتر مشاهده شده است. این مطالعه نشان داد که نشاسته در حذف کدورت آب و میکروارگانیسم‌ها از کارایی بالایی برخوردار است.

## منابع

1. Alipoor V, Bazrafshan E. Water treatment. Isfahan: Daneshnama Publication; 2002 (in Persian).
2. Kent DK. Water Treatment Plant Operation. California: California State University; 1992.
3. Samadi MT, Saghi MH, Shirzad M, Rahimi S, Hasanvand J. Comparison of different coagulants efficiency for treatment of Hamedan landfills leachate site. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(1):75-82 (in Persian).
4. Shanawaz S, Yeomin Y, Amy G, Yoon J. Determining Effectiveness of Conventional and Coagulants through Effective Characterization Schemes. Chemosphere. 2004;57(6):1115-22.
5. Mccurdy K, Carlson K, Gregory D. Floc morphology and cyclic shearing recovery comparison of alum and poly aluminum chloride coagulants. Water Res. 2004;38:486-94.
6. Kan Ch, Huang Ch. Coagulation monitoring in surface water treatment facilities. Water Sci Tech. 1998;38(3):237-44.
7. Mc Lane J. Water quality improves by recycling settled sludge. USA: AWWA; 2003.
8. Takdastan A, Pazoki M, Azizpour L. Application of starch as a coagulant aid in removing turbidity and coliform in Karun River. Proceeding of 10th National Congress on Environmental Health; 2006; Isfahan; Iran.
9. Banihashemi A, Alavi Moghaddam MR, Maknoun R, Nikazar M. Lab-scale study of water turbidity removal using aluminum inorganic polymer. Watre and Wastewater Journal. 2008;66:82-86 (in Persian).

## **Survey of PAC Performance for Removal of Turbidity, COD, Coliform Bacteria, Heterotrophic Bacteria from Water of Karoon River**

**Mirzaei A., \*Takdastan A., Alavi Bakhtiarvand N.**

Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Jondishapour University of Medical Sciences, Khouzesan, Iran

Received; 24 April 2011 Accepted; 24 July 2011

### **ABSTRACT**

**Backgrounds and Objectives:** Selection of proper coagulants for turbidity removal and determination of effective methods to reduce coagulants dose and related costs in water treatment plants is of critical importance. The present study investigates the effect of returned sludge on improving the performance of poly-aluminum chloride (PAC) in turbidity, coliform bacteria, heterotrophic bacteria removal from drinking water during rapid mixing phase.

**Materials and Methods:** In order to determine the optimal returned sludge volume injected during rapid mixing with PAC for turbidity, total coliform and heterotrophic bacteria, experiments were conducted based on variables such as injected sludge volume (from 0 - 125 ml), and varying turbidities from 58 - 112 NTU. At the end of each JAR experiments, remaining turbidity, microbial parameters of samples were measured. Coagulant efficiency in turbidity removal and microbial parameters were determined by Covariance, Duncan analyses and graphs were drawn by MS Excel. The results statistically showed significant among variables ( $P < 0.05$ ).

**Results:** The results showed that the maximum turbidity removal efficiency of 98.92 at 30 ppm was 10 ml while the maximum turbidity removal efficiency of 98.31 at 10 ppm was 4 ml. The maximum total coliform removal efficiency of 95.68 obtained for 10 ppm in 10 cc injected sludge volume.

**Conclusion:** This study shows that addition of returned sludge to flash mixing can reduce the turbidity of samples.

**Key words:** Coagulation, return sludge, Poly Aluminum Chloride, Turbidity, Coliform

---

\*Corresponding Author: *afshin\_ir@yahoo.com*  
Tel: 0912 3470776 Fax: + 98 611 3738282