

## بررسی تاثیر استفاده از پساب شستشوی صافیهای تصفیه خانه آب جلالیه تهران در کاهش میزان مواد منعقدکننده

دکتر امیرحسین محوی<sup>۱</sup>، علی جعفری<sup>۲</sup>

### خلاصه

سابقه و هدف: استفاده از برگشت پساب شستشوی صافیها، به علت حجم بالای آن در کشورهای خارج کاملاً رایجست. با توجه به اهمیت موضوع، عدم وجود گزارش تجربی آن در کشور و به منظور تعیین تاثیر استفاده از پساب شستشوی صافیها بر میزان مواد منعقدکننده، این تحقیق در تصفیه خانه آب جلالیه تهران انجام گرفت.

مواد و روشها: تحقیق با طراحی تجربی و ۹ بار نمونه‌گیری از محل خروجی پساب شستشوی صافیها و ورودی آب خام تصفیه خانه انجام شد. آنگاه پارامترهای کدورت،  $EC$ ،  $PH$ ،  $TDS$  و دما مورد بررسی قرار گرفتند. سپس مقدار بهینه ماده منعقدکننده برای آب خام با استفاده از جارتست محاسبه شد. در مرحله بعد با برگشت (اضافه کردن) ۴ درصد از پساب شستشوی صافی به آب خام، مقدار بهینه مواد منعقدکننده تعیین گردید. نهایتاً داده‌ها به کمک نرم افزار  $SPSS$  مورد آنالیز آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها:  $PH$  آب ورودی به تصفیه خانه ۸/۱ و  $PH$  پساب شستشوی صافیها ۷/۳ بود. کدورت آب خام و پساب شستشوی صافیها به ترتیب ۷/۸  $NTU$  و ۲۳۷  $NTU$  به دست آمد. متوسط  $EC$  در آب خام ورودی به تصفیه خانه ۴۰۹/۱ و در پساب شستشوی صافیها ۳۳۱/۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر بود. متوسط  $TDS$  در آب خام و پساب شستشوی صافی ۲۵۳/۲ و ۲۴۰/۷ میلی گرم در لیتر تعیین گردید. نتیجه‌گیری و توصیه‌ها: به نظر می‌رسد استفاده از پساب شستشوی صافیهای تصفیه خانه به ویژه در جاهایی که منابع آبی رو به اضمحلالند، مقدور باشد.

واژگان کلیدی: ماده منعقد کننده، کدورت،  $PH$ ،  $TDS$

۱- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه مهندسی بهداشت

۲- مربی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی خرم آباد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۳/۴/۹

تاریخ تایید مقاله: ۸۴/۷/۱۲

پاسخگو: دکتر امیرحسین محوی

تهران، دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، مرکز تحقیقات محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران

### مقدمه

فیلتراسیون کامل می‌شود. فرایند صاف سازی (فیلتراسیون) از قرن هجدهم به عنوان روشی موثر برای حذف ذرات بکار گرفته شد (۲).

حذف کدورت به وسیله عمل انعقاد به عواملی از قبیل نوع ذرات کلوئیدی در سوسپانسیون، دما،  $PH$  و ترکیب شیمیایی آب، نوع و مقدار مواد منعقدکننده و کمک منعقدکننده، زمان و درجه اختلاط ایجاد شده برای انتشار مواد شیمیایی و تشکیل شدن لخته بستگی دارد (۱، ۳).

در فرآیندهای تصفیه آب نشان داده شده است بهترین نوع انعقاد مربوط به آبی می‌باشد که کدورت بالا و بازیته پایین داشته باشد (۴). در صورت کدورت بالا، با کمترین مقدار مصرف ماده منعقدکننده بهترین انعقاد و لخته سازی انجام می‌گیرد. بنابراین در جاهایی که کدورت آب خام در حد پایینی است به طور دستی با اضافه کردن خاک رس کدورت را بالا می‌برند. گاهی برای بالا

هدف از تصفیه آب، تامین آبی است که از نظر میکروبی و شیمیایی سالم باشد. آب مورد استفاده در منزل بایستی از لحاظ زیبایی شناختی (کدورت، رنگ، بو و طعم) قابل قبول باشد. در این راستا کدورت بدلیل مشکلات زیبایی شناختی و نیز ایجاد اختلال در امر گندزدایی آب باید حذف گردد. عوامل ایجادکننده کدورت شامل ترکیبات رنگی، ذرات رس، ارگانیک‌های میکروسکوپی، مواد آلی حاصل از فساد مواد گیاهی یا مواد زاید شهری می‌باشند (۱). این ذرات کلوئید نامیده می‌شوند که بخش عمده‌ای از ذرات غیرقابل ته نشین را تشکیل می‌دهند، اندازه‌ای بین ۱ تا ۰/۰۰۱ میکرون دارند و با میکروسکوپ معمولی قابل رویت نمی‌باشند. بدلیل ویژگی خاص، این ذرات به صورت پایدار در آب قرار دارند بنابراین برای سوق دادن آنها به سوی ته نشین شدن از مواد منعقدکننده استفاده می‌شود و نهایتاً فرآیند تصفیه با کمک

از آب خام ورودی به تصفیه خانه ۹ بار و از پساب شستشوی صافیها نیز ۹ بار نمونه برداری شد. به منظور نمونه برداری از آب خام از ابتدای کانال ورودی و برای نمونه برداری از پساب شستشوی صافیها از محل پساب خروجی و قبل از ورود به حوضچه جمع آوری پساب، نمونه انجام اخذ گردید. نمونه ها در زمانهای مختلف شستشوی صافی و بصورت ساده برداشت شد. بعد از اندازه گیری پارامترهای  $pH$ ، کدورت،  $TDS$  و  $EC$ ، ابتدا با استفاده از جارتست مدل (*AL 46-6 Aqua Lytic*) مقدار بهینه ماده منعقدکننده (کلور فریک) برای آب خام تعیین گردید (تنظیمات جار با توجه به شرایط حاکم بر تصفیه خانه صورت گرفت:  $140\ rpm$  اختلاف سریع به مدت ۱ دقیقه و  $30\ rpm$  دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه اختلاط کند و بعد از آن نیم ساعت برای ته نشینی).

برای هر یک از آنها درصدهای مختلفی از پساب (۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ درصد) به ترتیب حجمهایی برابر با ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سی سی در داخل بشر با حجم کل ۱ لیتر قرار داده شد. مجدداً پارامترهای مورد نظر فوق اندازه گیری شد. با توجه به اینکه هدف استفاده از کل پساب برگشتی (یعنی ۴ درصد) بود، بنابراین حجمهای ۴ درصد در ۵ بشر از بشرهای جار تست تهیه شده و بشر ششم هم به عنوان شاهد (آب خام) در نظر گرفته شد. سیستم بصورت بسته (*batch*) بود.

پارامتر  $pH$  به کمک دستگاه *Metrohm 744 pH meter*، کدورت بوسیله دستگاه *Hatch 2000 AN Turbidimeter*، هدایت الکتریکی بوسیله دستگاه *Metrohm 644 conductimeter* و آزمایشات  $TDS$  بر اساس متد شماره *C 2540* کتاب روشهای استاندارد انجام گرفت (۸).

در خصوص اضافه کردن مقادیر کلورفریک با توجه به مقادیر تعیین شده کلورفریک برای آب خام در مرحله اول، در محدوده همان مقدار با اختلاف ۰/۲ میلی گرم در لیتر به مخلوط ۴ درصد، این عمل انجام شد. بنابراین برای هر آزمایش یک مقدار بهینه برای مخلوط ۴ درصد حاصل گردید. نهایتاً داده های حاصل استفاده از نرم افزار آماری *SPSS* و با استفاده از آزمون آماری *T-test Wilcoxon Signed RANK Test, Paired* مورد آنالیز قرار گرفتند.

#### یافته ها

تحقیق روی ۹ نمونه آب ورودی به تصفیه خانه و ۹ نمونه پساب شستشوی صافیها انجام گرفت. مقادیر پارامترهای  $pH$ ، کدورت،  $TDS$  و هدایت الکتریکی در جدول شماره ۱ ارائه

کردن کدورت از لجن ته نشین شده حوضچه های ته نشینی استفاده می شود. این لجن علاوه بر ایجاد کدورت لازم، حاوی مقادیری مواد کوآگولانت نیز می باشد که می تواند باعث صرفه جویی ۴۰ درصدی در کوآگولانتها شود (۶). به هر حال قسمت بالایی از هزینه تصفیه خانه های آب، صرف تامین مواد شیمیایی می گردد (۶). لذا تلاش جهت کاهش هزینه مواد منعقدکننده کاملاً منطقی است.

عموماً در تصفیه خانه ها حدود ۵ درصد آب تصفیه شده جهت شستشوی فیلترها بکار می رود که این نسبت بسته به فصول سال متفاوت می باشد (۳). گرچه به طور مرسوم در تصفیه خانه های آب، پساب شستشوی صافیها را بعد از یک ته نشینی به ابتدای تصفیه خانه برگشت می دهند و لی در برخی موارد این کار بطور منظم انجام نمی گیرد و یا بدون هیچگونه استفاده مفیدی از آن به دور ریخته می شود. این در حالی است که بر اساس مطالعات صورت گرفته می توان با روشهای مناسب بیش از ۹۵ درصد آب شستشوی معکوس فیلتر را بازیافت نمود (۶).

یکی از تصفیه خانه هایی که با این مساله مواجه است، تصفیه خانه آب شماره یک تهران (جلالیه) می باشد. این تصفیه خانه در سال ۱۳۳۴ توسط شرکت پیمانکاری دگرمونت فرانسه و با مشاوره شرکت آلکساندر گیپ انگلستان احداث گردید. ظرفیت اسمی تصفیه خانه  $2/7$  مترمکعب بر ثانیه (حداکثر ظرفیت تصفیه خانه  $3\ m^3/s$ ) می باشد. در خصوص پساب گاهی مقداری از آن به ابتدای تصفیه خانه منتقل می شود ولی در اکثر اوقات به داخل فاضلاب منتقل می گردد. لازم به ذکر است در زمینه بازچرخش آن به ابتدای خط هیچگونه مطالعه ای انجام نگرفته و اطلاعاتی در خصوص کیفیت پساب شستشوی صافیها و تاثیرات آن وجود ندارد. با این وصف به منظور تعیین تاثیر پساب شستشوی صافیهای این تصفیه خانه بر میزان کاهش مصرف مواد منعقدکننده (کلورفریک) مطالعه ای صورت گرفت. با توجه به مشکلات حاد آب به ویژه در شهر تهران، بازچرخش آب شستشوی صافی (۳ تا ۵ درصد آب تصفیه شده) همراه با کاهش مواد منعقدکننده می تواند بسیار مقرون به صرفه باشد. معهداً به منظور تعیین تاثیر استفاده از پساب شستشوی صافیها، این تحقیق در تصفیه خانه آب جلالیه تهران از اواسط زمستان ۸۲ تا اوایل تابستان ۸۳ انجام گرفت.

#### مواد و روشها

تحقیق با طراحی تجربی از نوع مطالعه قبل و بعد از مداخله انجام گرفت. نمونه ها از آب ورودی به تصفیه خانه و پساب شستشوی صافیها اخذ گردید.

جدول ۳- مقادیر  $PH$ ، کدورت بر حسب نوع آب

نوع آب	$PH$	کدورت
آب خام ورودی	$8/1 \pm 0/26$	$7/7 \pm 6/8$
پساب شستشوی صافی	$7/7 \pm 2/21$	$237 \pm 139$
مخلوط ۴ درصد	$8/04 \pm 0/68$	$16/62 \pm 8/44$

مقادیر کدورت مخلوط ۴ درصد و کدورت آب خام در جدول شماره ۴ ارائه گردیده است که نشان می‌دهد اختلاف آنها به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد ( $P < 0/07$ ).

جدول ۴- بهینه ماده منعقدکننده آب خام بر پساب شستشوی صافی و کدورت‌های آنها

کدورت (NTU)	بهینه ماده منعقدکننده	کدورت (NTU)
$1/47 \pm 0/22$	$7/23 \pm 0/85$	آب خام
$1/45 \pm 0/23$	$6/5 \pm 0/95$	مخلوط ۴ درصد

#### بحث

تحقیق نشان داد که مقدار کاهش ماده منعقدکننده در پی استفاده از پساب شستشوی صافی‌های تصفیه از نظر آماری معنادار نمی‌باشد، یعنی مصرف این ماده بطور متوسط  $0/72$  میلی‌گرم در لیتر. قابل کاهش می‌باشد که با توجه به حجم نسبتاً بالای تصفیه‌خانه (۳ مترمکعب بر ثانیه) از نظر فنی و از جنبه بهره‌برداری می‌تواند قابل ملاحظه باشد. همچنین مشاهده شد در حین انجام آزمایش از نظر بصری، کیفیت فلاکهای حاصل و نیز ته نشینی آنها در مخلوط (۴ درصد) نسبت به شاهد بهتر می‌باشد. با این حال  $PH$  آب خام بطور متوسط بالاتر از پساب شستشوی صافیها بود. دلیل این امر مصرف بازپت در فرآیند انعقاد می‌باشد که طی آن یون اسیدی ناشی از واکنش کلورفریک،  $PH$  را پایین می‌آورد. این اختلاف از نظر فنی و از جنبه بهره‌برداری مشکلی ایجاد نمی‌نماید. ضمن اینکه نیاز به اضافه کردن مازاد ماده شیمیایی برای افزایش  $PH$  نیز نمی‌باشد.

استفاده از ماده منعقدکننده بدلیل کدورت بالای پساب (مقدار متوسط آن  $237$  NTU) کاهش نسبی دارد. بطور کلی کدورت، نقش مهمی در فرآیند انعقاد دارد. بر اساس مطالعات kawamura مقدار آن در یک تصفیه‌خانه معمولی  $200$  NTU گزارش شده است (۹). در مطالعات دیگر، مقدار آن  $14-7$ ،  $97-5/75$  و  $400-150$  به دست آمده است (۱۰ و ۱۱ و ۱۲).

گردیده است که نشان می‌دهد  $PH$  آب خام  $8/1 \pm 0/26$  و  $PH$  پساب شستشوی صافی  $7/7 \pm 0/21$  می‌باشد ( $P < 0/03$ ). میزان کدورت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه  $7/7 \pm 6/8$  و میزان کدورت پساب شستشوی صافی  $237 \pm 139$  NTU است ( $P < 0/0000$ ). میزان  $TDS$  آب خام ورودی به تصفیه‌خانه  $253/2 \pm 89$  و مقدار  $TDS$  در پساب شستشوی صافیها  $240/7 \pm 81/3$  میلی‌گرم در لیتر ( $P < 0/08$ ) و بالاخره  $EC$  آب خام ورودی به تصفیه‌خانه  $1/163 \pm 0/8$  و  $EC$  پساب شستشوی صافی  $331/7 \pm 64$  میکروزیمنس بر سانتی‌متر بدست آمد که این اختلاف نیز به لحاظ آماری معنی‌دار نبود ( $P < 0/2$ ).

جدول ۱- مقادیر پارامترهای مواد منعقدکننده تصفیه‌خانه به تفکیک آب خام و پساب شستشوی صافیها

شاخصها	$PH$	کدورت (NTU)	$TDS$ (mg/li)	$EC^*$
آب خام (N <sub>1</sub> )	$8/1 \pm 0/2$	$7/7 \pm 6/8$	$253/2 \pm 89$	$409/8 \pm 163$
پساب صافیهای (N <sub>2</sub> )	$7/7 \pm 0/1$	$237 \pm 139$	$240/7 \pm 81/3$	$331/7 \pm 64$
نتیجه آزمون	$P < 0/03$	$p < 0/000$	$P < 0/08$	$P < 0/2$

\* (میکروزیمنس بر سانتی متر)

تأثیر درصدهای مختلف پساب بر پارامترهای مربوطه در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است که نشان می‌دهد با افزایش این درصدها،  $TDS$  بدون تغییر، میزان کدورت افزایش، هدایت الکتریکی کاهش و بالاخره تغییرات  $PH$  تقریباً مشابه بوده است.

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مورد بررسی بر حسب درصد پساب شستشوی صافیها

درصد اضافه شده	۱٪	۲٪	۳٪	۴٪	۵٪	۶٪
$TDS$ (mg/l)	$252/8$	$252/5$	$252/2$	$251/9$	$251/6$	$251/3$
کدورت (NTU)	$9/99$	$12/28$	$14/57$	$16/87$	$19/13$	$21/42$
$EC^*$	$408/3$	$407/5$	$406/7$	$405/5$	$405/1$	$404/4$
$PH$	$8/09$	$8/09$	$8/08$	$8/08$	$8/07$	$8/07$

\* (میکروزیمنس بر سانتی متر)

مقادیر  $PH$  و کدورت اندازه‌گیری شده در آب خام، پساب شستشوی صافی و مخلوط ۴ درصد در جدول ۳ ارائه شده است که نشان می‌دهد  $PH$  آب خام ورودی از پساب شستشوی صافی و مخلوط ۴ درصد بیشتر است.

۱۰ درصد آب تولیدی نیز می‌رسد، در اکثر تصفیه خانه ها انجام می‌شود، بطوریکه استفاده مستقیم از پساب شستشوی صافی و انتقال به ابتدای تصفیه‌خانه چه به منظور کاهش مصرف مواد منعقدکننده و چه به منظور صرفه جویی در اتلاف آب امری مرسوم و رایج محسوب می‌شود. در ایالات متحده در ۳۰ درصد تصفیه خانه ها، پساب شستشوی صافیها بطور مستقیم به ابتدای تصفیه خانه انتقال داده می‌شود (۱۳). اکثر محققین با برگشت پساب موافقتند (۱، ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۳). مخالفتهای کمی که در این مورد وجود دارد در خصوص وجود عوامل بیولوژیک موجود در پساب می‌باشد. با توجه به حجم بالای حذف در ته نشینها، همچنین در جاهایی که منابع آب زیاد باشد شاید این موضوع چندان مهم نباشد. در مجموع با توجه به روند نابودی منابع آبی به نظر می‌رسد بازیافت پساب و استفاده از فاضلابهای تصفیه شده برای مقاصد مختلف ضرورت بیشتری پیدا کند.

#### تقدیر و تشکر

بدینوسیله از همکاری صمیمانه معاونت بهره برداری از تصفیه‌خانه های آب تهران به ویژه جناب آقای مهندس عابدی، سرکار خانم مهندس نعیمی مسوول بهره برداری تصفیه خانه جلالیه تهران و مسوولین و کارکنان آزمایشگاه تصفیه‌خانه به خصوص خانم مهندس منفرد و خانم اسدی سپاسگزاری می‌شود.

#### References:

- 1-Hammer .M.J., Hammer. M. Jr "water and wastewater technology" Prentice Hall of India Inc, 4st edition 2001.
۲. ریندلز ت. دی، ریچارد پ. ای. ترجمه: ترکیان، جعفرزاده م. واحدهای عملیاتی و فرایندی در مهندسی محیط زیست. جلد اول، موسسه انتشارات علمی، تهران، ۱۳۷۹
- 3- Qasim. S.R, Motley. M. Edward, Zhu. G "Water Works Engineering" 1st edition 2000.
۴. پوی ه. س، روود. ر، چبانگولوس ج. ترجمه: کی نژاد م ابراهیمی سیروس. مهندسی محیط زیست. جلد اول آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، چاپ اول، ۱۳۷۶
- 5-Raju BSN. *Water supply and wastewater Engineering*. Tata Mc GRAW HILL, 1995
۶. عقیلی س. م. استفاده از لجن برگشتی جهت کاهش مصرف مواد منعقد کننده در تصفیه خانه آب بهشهر. مجموعه مقالات ششمین همایش کشوری بهداشت محیط، جلد اول، ساری، ۱۳۸۲
- 7-Dotremont C, Molenberghs B, Doyen W, Bielen P, Huysman K. *The recovery of backwash water from sand filters by ultra filtration*. Desalination 126(1999) 87-94
- 8-Standard Methods for the examination of Water and wastewater 1998.
- 9-Kawamura S. 2000. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY

چنانچه از نتایج برمی‌آید محدوده وسیع تغییرات کدورت بدلیل زمانهای مختلف نمونه برداری از پساب بوده و بدیهی است ارقام پایین تر، مربوط به لحظات پایانی تر شستشوی صافی می‌باشد. هرچند اختلاف بین مقادیر کدورت مخلوط ۴ درصد و کدورت آب خام از نظر آماری معنادار نمی‌باشد ولی همین مقدار هم کاهش مقدار ماده منعقدکننده را به همراه داشته است. ظاهراً مکانیسم اثر، وجود فلاکهای بسیار ریز موجود در پساب می‌باشد که بعنوان هسته‌های اولیه برای تشکیل فلاکهای اصلی عمل می‌نمایند. این دقیقاً همانند مکانیسمی است که در خود واحد اکسیلاتور حین برگشت فلاکهای ته نشین نشده به قسمت مرکزی اکسیلاتور ایجاد می‌گردد.

علاوه بر pH و کدورت، تغییر در مقادیر TDS و EC نیز حائز اهمیت می‌باشد. مقدار آنها برای آب خام به ترتیب ۲۵۳/۲ میلی‌گرم در لیتر و ۴۰۹/۱ میکروزیمنس بر سانتی متر و برای مخلوط پساب ۲۵۱/۹ میلی‌گرم در لیتر و ۴۰۵/۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد که این مقادیر بسیار به هم نزدیک و مشابه می‌باشند.

با توجه به نتایج حاصله و آنالیزهای بعمل آمده، تغییرات پارامترهای موثر در فرآیند، از نظر بهره برداری و فنی مشکلی ایجاد نمی‌کند. بنابراین می‌توان پساب را پس از تخلیه به حوضچه جمع‌آوری به ابتدای تصفیه خانه پمپاژ نمود. بطور کلی استفاده و بازیافت پساب شستشوی صافیها بدلیل حجم بالای آن که گاهی تا

- 10-HDR. 1997. **Draft EPA Guidance Manual – Recycle of Spent Filter Backwash Water and Other Waste Streams, Filter-to-Waste, and Uncovered Finished Reservoirs**
- 11- Cornwell D, Lee R. 1993. **Recycle Stream Effects on Water Treatment**. AWWARF Report #90624. Denver, CO
- 12-Levesque, B.R., J.E. Tobiasson, W. Parameter, and J.K. Edward. 1999. **Filter Backwash Recycle: Quality Characteristics and Impacts on Treatment**. Proceedings from AWWA 1999
- 13- EPA, 2002 **Filter back wash recycling rule: Technical Guidelines Manual**. office of ground water and drinking water