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

دکتر امیرحسین محوی[1]، علی جعفری[2]

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) ٤ درصد از پساب شستشوی صافی به آب خام، مقدار بهینه مواد منعقدکننده تعیین گردید. نهایتا داده ها به کمک نرم افزار $SPSS$ مورد آنالیز آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: pH آب ورودی به تصفیه خانه ۸/۱ و pH پساب شستشوی صافیها ۷/۷۳ بود. کدورت آب خام و پساب شستشوی صافیها به ترتیب NTU ۷/۷ و NTU ۲۳۷ به دست آمد. متوسط EC در آب خام ورودی به تصفیه خانه ٤۰۹/۱ و در پساب شستشوی صافیها ۳۳۱/۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر بود. متوسط TDS در آب خام و پساب شستشوی صافی ۲۵۳/۲ و ۲٤۰/۷ 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: ۸۳/٤/۹

تاریخ تایید مقاله: ۸٤/۷/۱۲

پاسخگو: دکتر امیرحسین محوی

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

مقدمه

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، ارگانیسمهای 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 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 شمیایی 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 (٤). در صورت کدورت بالا، با کمترین مقدار مصرف ماده منعقدکننده بهترین انعقاد و لخته سازی انجام می گیرد. بنابراین در جاهایی که کدورت آب خام در حد پایینی است به طور دستی با اضافه کردن خاک رس کدورت را بالا می برند. گاهی برای بالا

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2025-12-02]

بـردن کدورت از لجن ته نشین شده حوضچه‌های ته‌نشینی استفاده مـی‌شـود. ایـن لجن علاوه بر ایجاد کدورت لازم، حاوی مقادیری مـواد کواگولانـت نیز مـی‌باشد که می تواند باعث صرفه‌جویی ٤٠ درصـدی در کواگولانـتها شـود (٦). به هر حال قسمت بالایی از هزینه تصفیه خانه‌های آب، صرف تامین مواد شیمیایی می‌گردد (٦). لـذا تـلاش جهـت کـاهش هزینه مواد منعقدکننده کاملاً منطقی است.

عمومـاً در تصـفیه‌خانه‌ها حدود ٥ درصد آب تصفیه شده جهت شستشوی فیلترها بکار می رود که این نسبت بسته به فصول سـال مـتفاوت مـی باشـد (٣). گـرچه بـه طـور مرسـوم در تصـفیه‌خانـه‌هـای آب، پسـاب شستشـوی صـافیها را بعد از یک تـه نشـینی بـه ابتدای تصفیه خانه برگشت می‌دهند و لی در برخی مـوارد ایـن کـار بطـور منظم انجام نمی گیرد و یا بدون هیچگونه اسـتفاده مفیدی از آن به دور ریخته می‌شود. این در حالی است که بر اساس مطالعات صورت گرفته می توان با روشهای مناسب بیش از ٩٥ درصد آب شستشوی معکوس فیلتر را بازیافت نمود (٦).

یکـی از تصـفیه‌خانـه هایی که با این مساله مواجه است، تصـفیه‌خـانـه آب شـماره یـک تهـران (جلالـیه) مـی باشد. این تصـفیه خانـه در سـال ١٣٣٤ توسط شرکت پیمانکاری دگرمونت فرانسـه و بـا مشـاوره شـرکت آلکسـاندر گیپ انگلستان احداث گـردید. ظرفیـت اسمی تصفیه‌خانه ٢/٧ مترمکعب بر ثانیه (حداکثر ظرفیـت تصـفیه‌خـانه ٣ m^3/s) می‌باشد. در خصوص پساب گاهی مقـداری از آن بـه ابـتدای تصفیه‌خانه منتقل می شود ولی در اکثر اوقـات بـه داخـل فاضـلاب منتقل می‌گردد. لازم به ذکر است در زمیـنه بازچـرخش آن بـه ابـتدای خـط هیچگونه مطالعه‌ای انجام نگرفته و اطلاعاتی در خصوص کیفیت پساب شستشوی صافیها و تاثیرات آن وجود ندارد. با این وصف به منظور تعیین تاثیر پساب شستشـوی صـافیهای این تصفیه‌خانه بر میزان کاهش مصرف مواد منعقدکـنـنده (کلرورفـریک) مطالعـه‌ای صورت گرفت. با توجه به مشـکلات حـاد آب بـه ویـژه در شـهر تهـران، بازچـرخش آب شستشـوی صـافی (٣ تا٥ درصد آب تصفیه شده) همراه با کاهش مـواد منعقدکـنـنده مـی‌توانـد بسیار مقرون به صرفه باشد. معهذا به مـنظور تعیین تاثیر استفاده از پساب شستشوی صافیها، این تحقیق در تصـفیه خانـه آب جلالـیه تهران از اواسط زمستان ٨٢ تا اوایل تابستان ٨٣ انجام گرفت.

مواد و روشها

تحقـیق بـا طراحـی تجربـی از نوع مطالعه قبل و بعد از مداخلـه انجـام گرفـت. نمونـه‌ها از آب ورودی به تصفیه خانه و پساب شستشوی صافیها اخذ گردید.

از آب خـام ورودی بـه تصـفیه خانـه ٩ بار و از پساب شستشـوی صـافیها نـیز ٩ بـار 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 حوضـچه جمع آوری پساب، نمونه انجام اخذ گردید. نمونه ها در زمانهـای مخـتلف شستشوی صافی و بصورت ساده برداشت شد. بعـد از اندازه‌گیری پارامترهای *pH* ، کدورت، *TDS* و *EC*، ابتدا بـا اسـتفاده از جارتسـت مدل (*AL 46-6 Aqua Lytic*) مقدار بهیـنه مـاده منعقدکننده (کلرور فریک) برای آب خام تعیین گردید (تنظـیمات جـار بـا توجه به شرایط حاکم بر تصفیه خانه صورت گرفت: *rpm* ١٤٠ اختلاط سریع به مدت ١ دقیقه و *rpm* ٣٠ دور در دقـیقه بـه مـدت ٢٠ دقیقه اختلاط کند و بعد از آن نیم ساعت برای ته نشینی).

بـرای هر یک از آنها درصدهای مختلفی از پساب (١ و ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ درصد) به ترتیب حجمهائی برابر با ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠ و٦٠ سـی‌سـی در داخـل بشر با حجم کل ١ لیتر قرار داده شـد. مجدداً پارامترهای مورد نظر فوق اندازه‌گیری شد. با توجه به ایـنکه هـدف استفاده از کل پساب برگشتی (یعنی ٤ درصد) بود، بنابرایـن حجمهـای ٤ درصد در ٥ بشر از بشرهای جار تست تهیه شـده 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* ، کـدورت بوسـیله دسـتگاه *Hatch 2000 AN Tubbidimeter*، هدایت الکتریکی بوسیله دستگاه *Metrohm 644 conductimeter* و آزمایشـات *TDS* بـر اسـاس مـتد شـماره *2540 C* کـتاب روشهای استاندارد انجام گرفت (٨).

در خصـوص اضافه کردن مقادیر کلرورفریک با توجه به مقادیـر تعییـن شده کلرورفریک برای آب خام در مرحله اول، در محـدوده همان مقدار با اختلاف ٠/٢ میلی‌گرم در لیتر به مخلوط ٤ درصـد، این عمل انجام شد. بنابراین برای هر آزمایش یک مقدار بهیـنه برای مخلوط ٤ درصد حاصل گردید. نهایتاً داده‌های حاصل اسـتفاده از نـرم‌افـزار آماری *SPSS* و با استفاده از آزمون آماری *T-test Wilcoxon Signed RANK Test, Paired* مـورد آنالیز قرار گرفتند.

یافته ها

تحقـیق روی ٩ نمونـه آب ورودی بـه تصـفیه خانه و ٩ نمونـه پسـاب شستشـوی صافیها انجام گرفت. مقادیر پارامترهای *PH*، کدورت، *TDS* و هدایت الکتریکی در جدول شماره ١ ارائه

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2025-12-02]

گردیده است که نشان می دهد pH آب خام ۸/۱±۰/۲ و pH پساب شستشوی صافی ۷/۷۳±۰/۱ می‌باشد ($P<۰/۰۳$). میزان کدورت آب خام ورودی به تصفیه خانه ۷/۷±٦/۸ و میزان کدورت پساب شستشوی صافی NTU ۲۳۷±۱۳۹ است ($P<۰/۰۰۰۰$). میزان TDS آب خام ورودی به تصفیه خانه ۲۵۳/۲±۸۹ و مقدار TDS درپساب شستشوی صافیها ۲٤۰/۷±۸۱/۳ میلی گرم در لیتر ($P<۰/۸$) و بالاخره EC آب خام ورودی به تصفیه خانه ۱٦۳±۱/٤۰۹ و EC پساب شستشوی صافی ۳۳۱/۷±٦٤ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بدست آمد که این اختلاف نیز به لحاظ آماری معنی دار نبود ($P<۰/۲$).

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

شاخصها	PH	کدورت (NTU)	TDS (mg/li)	EC*
آب خام (۹ =N_1)	۸/۱±۰/۲	۷/۷±٦/۸	۲۵۳/۲±۸۹	٤۰۹/۱±۱٦۳
پساب صافیهای (۹ =N_2)	۷/۷۳±۰/۱	۲۳۷±۱۳۹	۲٤۰/۷±۸۱/۳	۳۳۱/۷±٦٤
نتیجه آزمون	$P<۰/۰۳$	$p<۰/۰۰۰$	$P<۰/۸$	$P<۰/۲$

* (میکروزیمنس بر سانتی متر)

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

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

درصد اضافه شده	٪۱	٪۲	٪۳	٪٤	٪۵	٪٦
TDS(mg/l)	۲۵۲/۸	۲۵۲/۵	۲۵۲/۲	۲۵۱/۹	۲۵۱/٦	۲۵۱/۳
کدورت(NTU)	۹/۹۹	۱۲/۲۸	۱٤/۵۷	۱٦/۸۷	۱۹/۱۳	۲۱/٤۲
EC*	٤۰۸/۳	٤۰۷/۵	٤۰٦/۷	٤۰۵/۵	٤۰۵/۱	٤۰٤/٤
pH	۸/۰۹	۸/۰۹	۸/۰۸	۸/۰۸	۸/۰۷	۸/۰۷

* (میکروزیمنس بر سانتی متر)

مقادیر pH و کدورت اندازه گیری شده در آب خام، پساب شستشوی صافی و مخلوط ٤ درصد در جدول ۳ ارائه شده است که نشان می‌دهد PH آب خام ورودی از پساب شستشوی صافی و مخلوط ٤ درصد بیشتر است.

جدول ۳- مقادیر PH، کدورت بر حسب نوع آب

نوع آب	PH	کدورت
آب خام ورودی	۸/۱±۰/۲٦	۷/۷±٦/۸
پساب شستشوی صافی	۷/۷۲±۲۱	۲۳۷±۱۳۹
مخلوط ٤ درصد	۸/۰٤±۰/٦۸	۱٦/٦۲±۸/٤٤

مقادیر کدورت مخلوط ٤ درصد و کدورت آب خام در جدول شماره ٤ ارائه گردیده است که نشان می‌دهد اختلاف آنها به لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد ($P<۰/۷$).

جدول ٤- بهینه ماده منعقدکننده آب خام بر پساب شستشوی صافی و کدورتهای آنها

	بهینه ماده منعقدکننده	کدورت (NTU)
آب خام	۷/۲۳±۰/۸۵	۱/٤۷±۰/۲۲
مخلوط ٤ درصد	٦/۵±۰/۹۵	۱/٤۵±۰/۲۳

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 ۰/۷۲ میلی‌گرم در لیتر. قابل کاهش می‌باشد که با توجه به حجم نسبتا بالای تصفیه خانه (۳ مترمکعب بر ثانیه) از نظر فنی و از جنبه بهره برداری می‌تواند قابل ملاحظه باشد. همچنین مشاهده شد در حین انجام آزمایش از نظر بصری، کیفیت فلاکهای حاصل و نیز ته نشینی آنها در مخلوط (٤ درصد) نسبت به شاهد بهتر می باشد. با این حال pH آب خام بطور متوسط بالاتر از پساب شستشوی صافیها بود. دلیل این امر مصرف بازیته در فرآیند انعقاد می باشد که طی آن یون اسیدی ناشی از واکنش کلرورفریک، pH را پایین می‌آورد. این اختلاف از نظر فنی و از جنبه بهره برداری مشکلی ایجاد نمی نماید. 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 NTU ۲۳۷) کاهش نسبی دارد. بطور کلی کدورت، نقش مهمی در فرآیند انعقاد دارد. بر اساس مطالعات *kawamora* مقدار آن در یک تصفیه خانه معمولی NTU ۲۰۰ گزارش شده است (۹). در مطالعات دیگر، مقدار آن ۱٤-۷، ۹۷-۵/۷۵ و ٤۰۰-۱۵۰ به دست آمده است (۱۰ و ۱۱ و ۱۲).

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2025-12-02]

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 می باشد. هرچند اختلاف بین مقادیر کدورت مخلوط ٤ 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 می باشد که بعنوان هسته‌های اولیه برای تشکیل فلاکهای اصلی عمل می‌نمایند. این دقیقاً همانند مکانیسمی است که در خود واحد اکسیلاتور حین برگشت فلالکهای 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 ٤٠٩/١ میکروزیمنس بر سانتی متر و برای مخلوط پساب ۲۵۱/۹ میلی گرم در لیتر و ٤٠٥/٥ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می باشد که این مقادیر بسیار به هم نزدیک و مشابه می باشند.**

با توجه به نتایج حاصله و آنالیزهای بعمل آمده، تغییرات پارامترهای موثر در فرآیند، از نظر بهره برداری و فنی مشکلی ایجاد نمی‌کند. بنابراین می توان 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 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 می شود (۱۳). اکثر محققین با برگشت پساب موافقند (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 نشینیها، 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 می شود.

Referances:

1-Hammer .M.J,Hammer. M. Jr "water and wastewater technology" Prentice Hall of India Inc, 4st edition 2001.

۲. رینلدز ت. دی، ریچارد پ. ای. ترجمه: ترکیان ا، 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.

٤. پوی ه. س، روود. ر، چبانگلوس ج. ترجمه: کی نژاد م ابراهیمی سیروس. **مهندسی محیط زیست**. جلد اول آب و فاضلاب، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، چاپ اول، ۱۳۷٦

5-Raju BSN. ***Water supply and wastewater Engineering****. Tata Mc GRAW HILL, 1995*

٦. 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-Standardard 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*

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2025-12-02]

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. Tobiason, 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*

[Downloaded from feyz.kaums.ac.ir on 2025-12-02]