dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.49334.2142

عملکرد فیلترها پس از شستشوی معکوس با بررسی میزان کاهش کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌ها در تصفیه‌خانه آب اصفهان

پیمانه عطابخش[1]، محمد مهدی امین[2]، مجید هاشمی[3]، اسماعیل گرجی‌زاده[4]

۱- دانشجوی دکترای میکروبیولوژی، کارشناس آزمایشگاه، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، ایران
(نویسنده مسئول) Paymaneh.atabakhsh@gmail.com
۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- مدیر تصفیه‌خانه آب اصفهان، شرکت آب و فاضلاب اصفهان، ایران

(دریافت ۹۴/۱۲/۹ پذیرش ۹۵/۵/۶)

چکیده

یکی از دلایل عملکرد ضعیف فیلترها ناشی از شستشوی معکوس آنهاست. این پژوهش با هدف ارزیابی فرایند فیلتراسیون و عملکرد فیلترهای شنی تصفیه‌خانه آب اصفهان پس از شستشوی معکوس و با بررسی کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌ها انجام شد. مدت زمان این بررسی چهار ماه بود و در فیلترهای شنی فاز ۱ و ۲ تصفیه‌خانه انجام شد. به‌منظور بررسی عملکرد پس از فیلتراسیون، میزان کدورت و شمارش میکروسکوپی بررسی شد. میانگین تغییرات کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌های نماتد و روتیفر در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس مورد بررسی قرار گرفت. نقطه شکست کدورت و کاهش زئوپلانکتون‌ها بعد از زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه شستشوی معکوس رخ داد. تعداد نماتدها و روتیفرها در فاز ۱ تا زمان ۱۰ دقیقه، به‌ترتیب ۱۳ و ۱۲ عدد در لیتر افزایش یافت و در زمان ۲۰ دقیقه، به‌ترتیب به ۷ و ۹ عدد کاهش پیدا کرد. در فاز ۲ نیز در زمان ۲۰ دقیقه تعداد نماتدها و روتیفرها به‌ترتیب به ۸ و ۶ عدد در لیتر کاهش یافت. این تغییرات بر اساس آزمون t معنی‌دار بود ($p<0.001$). کدورت آب خروجی فیلترها نیز بعد از زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به کمتر از ۰/۲ NTU رسید. برای محدود شدن تعداد ذرات معلق و ارگانیسم‌ها در آب خروجی بهتر است فیلتر ۲۰ دقیقه بعد از شستشوی معکوس در مدار قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تصفیه‌خانه آب اصفهان، شستشوی معکوس، فیلتراسیون، کدورت، زئوپلانکتون

۱- مقدمه

عرضه آب آشامیدنی سالم، یکی از پیشرفت‌های بزرگ فناوری در قرن بیستم به‌شمار می‌رود (Francors 1985). به‌منظور دستیابی به آب شرب با کیفیت بالا، استفاده از فناوری و دانش روز دنیا در تصفیه‌خانه‌های آب ضروری است. یک پارامتر مهم در تعیین کیفیت آب در کلیه تصفیه‌خانه‌ها اندازه‌گیری کدورت آب تصفیه شده است. کدورت در آب عموماً توسط مواد معلقی مثل خاک، گل و لای، مواد آلی و معدنی ریز، ترکیبات آلی رنگی محلول و پلانکتون‌ها و ارگانیسم‌های میکروسکوپی ایجاد می‌شود (Elbana et al. 2012; Huang et al. 2011).

فیلتراسیون، حذف مکانیکی ذرات عامل کدورت از طریق عبور دادن آب از میان یک بستر متخلخل است که این بستر می‌تواند هم به‌صورت بستر گرانوله و هم به‌صورت غشاء باشد. هدف از فیلتراسیون حذف ذرات ایجاد کننده کدورت است که از فاز ته‌نشینی عبور کرده‌اند. از کدورت برای نشان دادن کیفیت آب و کارایی فیلترها استفاده می‌شود. اگر کدورت آب بالا باشد، معمولاً میزان میکروارگانیسم‌های بیماریزا مثل ویروس‌ها، انگل‌ها و برخی باکتری‌ها نیز در آب بالا خواهد بود (Qasim 2000). با بهره‌برداری مناسب از فیلترها می‌توان ۹۹ درصد از کدورت آب ورودی را حذف و آب زلال شفافی تولید کرد که کدورت آن برابر NTU ۰/۱ و یا کمتر باشد.

فیلترهای معمولی که عموماً برای تهیه آب آشامیدنی به‌کار می‌روند، شامل شن، سیلیس، گارنت وآنتراسیت است (Kim et al. 2010). شستشوی معکوس به‌منظور حفظ کارایی

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.49334.2142

فیلتراسیون در تصفیه‌خانه‌های آب ضروری است. در طی این کار ناخالصی‌های انباشته شده که شامل مواد کلوئیدی، فلزات غیرآلی مانند آلومینیوم و آهن و دیگر ناخالصی‌هاست، توسط آب مصرف شده برای شستشوی معکوس از فیلتر خارج می‌شود. به‌طور متوسط، تقریباً ۲ تا ۱۰ درصد از آب تصفیه شده در تصفیه‌خانه برای شستشوی معکوس استفاده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که در آب مصرفی شستشوی معکوس، پاتوژن‌هایی مثل ژیاردیا و کریپتوسپوریدیوم و زئوپلانکتون‌هایی مثل نماتد و نیز پیش‌سازهای سنتز محصولات جانبی، وجود دارد. بنابراین چرخه مستقیم از آب شستشوی معکوس با توجه به غلظت آلاینده‌ها در مدت زمان چرخه، می‌تواند کیفیت آب خروجی نهایی را به خطر بیندازد (Elbana et al. 2012; Mccormick et al. 2010; Yang et al. 2010).

مشکلات فیلترها با عملکرد ضعیف مربوط به تغییر دانه‌بندی بستر، اغلب ممکن است ناشی از شستشوی معکوس ناکافی یا بیش از اندازه باشد. بنابراین ارزیابی فرایند شستشوی معکوس برای بهینه‌سازی کاملاً ضروری است. عمل شستشوی معکوس، کدورت را از بستر فیلتر حذف می‌کند. AWWA پیشنهاد می‌کند که شستشوی معکوس زمانی پایان یابد که کدورت آب شستشوی معکوس در کانال به سطح NTU ۱۵-۱۰ برسد. برای یک فیلتر با شرایط مناسب، پیک اولیه کدورت باید در ۱۵ تا ۳۰ دقیقه اول برطرف شود و اگر کدورت آب خروجی فیلتر NTU ۰/۱ یا کمتر نباشد، نباید در مدار قرار گیرد. بلافاصله بعد از شستشوی معکوس، خروجی فیلترها کدورت بالایی خواهد داشت که این پدیده باعث کاهش کیفیت آب خروجی تصفیه‌خانه خواهد شد (Greenberg 2005).

قوانین سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، کدورت پساب فیلترها در تصفیه‌خانه‌های متعارف و فیلتراسیون مستقیم را در ۹۵ درصد نمونه‌های ماهانه کمتر یا مساوی NTU ۰/۳ تعیین کرده است که هرگز نباید از NTU ۱ تجاوز کند (Amburgey & Amirtharajah 2005).

منشأ نماتدها می‌تواند ناشی از شستشوی معکوس فیلترها در تصفیه‌خانه‌های آب باشد. وجود و اهمیت بی مهرگان در سیستم‌های توزیع آب، به‌دلیل اینکه می‌تواند با خطرات بهداشتی و سلامت مرتبط باشد، باید مورد توجه قرار گیرد (Mott et al. 1981).

کارایی حذف پاتوژن‌ها در تصفیه‌خانه‌های آب رایج، با تغییر ناچیزی در کیفیت آب خام ورودی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که با تغییر در شرایط فرایند، راندمان حذف ذرات میکربی به میزان ۰/۰۴ تا ۵/۵ لگاریتم است. آلاینده‌های بیولوژیکی بخش بزرگی از آلودگی آب آشامیدنی را تشکیل می‌دهد و به سه گروه باکتری‌ها، ویروس‌ها و پروتوزوآ تقسیم می‌شوند. مواد آلی موجود در آبها به‌عنوان منبع کربن، باعث رشد این میکروارگانیسم‌ها شده و توکسین‌های زیستی را افزایش می‌دهد (Yang et al. 2010).

میکروارگانیسم‌ها به‌طور گسترده‌ای در سیستم‌های تصفیه‌خانه‌های آب مانند تانک‌های ذخیره، سیستم‌های فیلترها و سطح داخلی لوله‌ها وجود دارند. رشد بیش از حد و کنترل نشده میکربی، نه تنها منجر به از بین رفتن کیفیت آب آشامیدنی، مزه و بوی نامطلوب و بالا رفتن کدورت می‌شود، بلکه همچنین باعث گرفتگی فیلترها، رسوب در فیلترها و خوردگی زیستی می‌شود (Francors & VanHaute 1985).

یکی از مهم‌ترین واحدهای یک تصفیه‌خانه آب، صافی شنی تند است که بهره‌برداری از آن به‌دلیل مرحله شستشوی معکوس دارای مشکلاتی است. مراحل اجرایی صاف‌سازی توسط فیلترهای شنی شامل دو بخش سرویس‌دهی و شستشوی معکوس است. زمانی که افت فشار در صافی به‌دلیل گرفتگی منافذ صافی افزایش می‌یابد فرایند شستشوی معکوس شروع می‌شود. معمولاً فرایند شستشوی معکوس به‌صورت هوا- آب است. ترکیب آب و هوا می‌تواند شرایط مطلوب را برای حذف ذرات فیلتر ایجاد کند. اصول این روش بر پایه نوسانات حباب، مخلوط کردن حباب‌ها و فشار زیاد حباب‌های هوا است که عملکرد شستشوی معکوس را بهبود می‌بخشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی عملکرد فیلترهای شنی تصفیه‌خانه آب اصفهان پس از شستشوی معکوس بود. این هدف با بررسی میزان کدورت و تعداد نماتدها و روتیفرها در زمان‌های مختلف ارزیابی شده است.

۲- روش

تصفیه‌خانه آب اصفهان در ۵۵ کیلومتری جاده اصفهان- شهرکرد واقع در شهر زاینده‌رود احداث شده است که علاوه بر اصفهان، ۴۰

Archive of SID
www.SID.ir

شهر و بیش از ۴۰۰ روستا و تعداد زیادی از صنایع بزرگ و کوچک استان اصفهان را به لحاظ شرب تأمین می‌کند.

این تصفیه‌خانه یکی از پیشرفته‌ترین و بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه‌های آب ایران و خاورمیانه با ظرفیت ۱۲/۵ مترمکعب در ثانیه است و از دو فاز مجزا تشکیل شده است. فاز اول با ظرفیت ۵ مترمکعب و فاز دوم با ظرفیت ۷/۵ مترمکعب بهره‌برداری می‌شود. طرح شماتیک تصفیه‌خانه و محل نمونه‌برداری فیلترها در شکل ۱ نشان داده شده است.

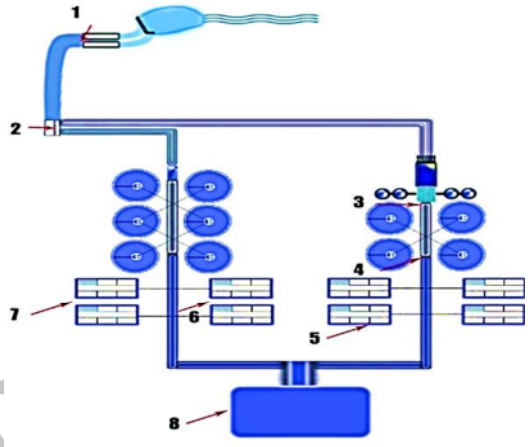

Fig. 1. A schematic of Isfahan water treatment plant

شکل ۱- طرح شماتیک تصفیه خانه آب اصفهان

1. Intake, 2. Raw Water, 3.Ozonation, 4. Clarifier, 5. Filter-2, 6. Filter-3 7. Filter-4, 8. Treated Water

تعداد کل فیلترها در ۲ فاز تصفیه‌خانه ۴۸ عدد است که شامل ۲۰ عدد در فاز اول و ۲۸ عدد در فاز دوم است. ظرفیت هر فیلتر ۷۲۰ تا ۹۰۰ مترمکعب در ساعت است و در ساختمان فیلترها از لایه‌های گارنت، سیلیس و آنتراسیت استفاده شده است. از آب و هوا برای شستشوی معکوس فیلترها استفاده می‌شود. مشخصات فیزیکوشیمیایی و میکربی آب خام ورودی به تصفیه خانه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی و میکربی آب خام ورودی

Table 1. Physicochemical and microbial characteristics of the raw water

	Parameter	Range
Physicochemical	Turbidity	1-10 NTU
	pH	8.3-8.42
	Hardness	142-145 mg/L
	Alkalinity	138-145 mg/L
	EC	280-325 µs/Cm
Microbiology	Total coliform	3300-16000
	Fecal coliform	2300-11000
	Nematod	10-22
	Rotifer	12-40

پژوهش به‌صورت مقطعی بود و مراحل انجام آن به‌صورت روزانه و به‌مدت ۴ ماه متوالی در فیلترهای استریم فاز ۱ و ۲ تصفیه‌خانه صورت گرفت. بررسی تأثیر زمان شستشوی معکوس به‌مدت ۳۰ دقیقه به فاصله زمانی ۵ دقیقه ارزیابی شد.

کلیه آزمایش‌ها در آزمایشگاه آب تصفیه‌خانه آب اصفهان برطبق دستورالعمل کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب انجام شد (Greenberg 2002). اندازه‌گیری کدورت با استفاده از دستگاه کدورت سنج هچ[1] ۲۱۰۰P انجام شد. آزمون‌های بیولوژیکی شامل شمارش ذرات میکروسکوپی، زئوپلانکتون‌های روتیفر و نماتد در نمونه‌ها بود.

در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شد.

۳- نتایج

با توجه به اهداف پژوهش، یافته‌های به‌دست آمده برای بالاترین کیفیت آب خروجی فیلترها پس از شستشوی معکوس، از نظر زمان برای کدورت بر حسب NTU و شمارش میکروسکوپی زئوپلانکتون‌ها (نماتد و روتیفر) در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از نمونه، به‌صورت نمودارهایی نشان داده شده است. با توجه به شکل‌های ۲ و ۳، راه‌اندازی فیلتر بلافاصله بعد از شستشوی معکوس، موجب شده

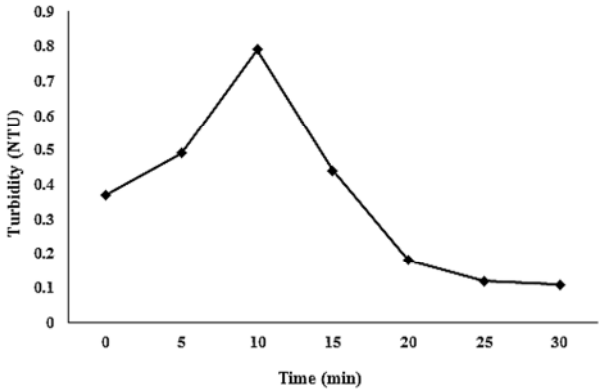

Fig. 2. The average change in turbidity at different times after phase 1 filter backwash in Isfahan water treatment plant

شکل ۲- میانگین تغییرات کدورت در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس فیلتر فاز ۱ تصفیه خانه آب اصفهان

[1] Hach

www.SID.ir

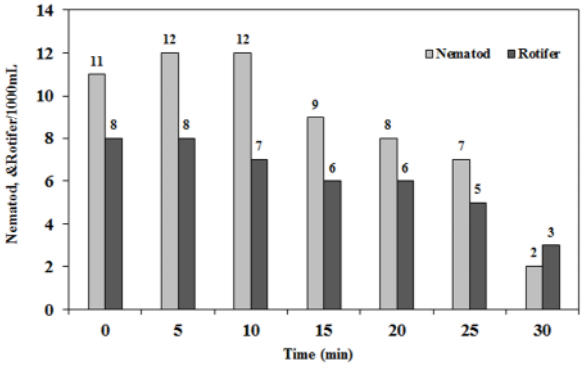

Fig. 5. Counting nematodes and rotifers at different times after phase 2 filter backwash in Isfahan water treatment plant

شکل ۵- شمارش زئوپلانکتون‌های نماتد و روتیفر در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس فیلتر فاز ۲ تصفیه خانه آب اصفهان

۴- بحث

در طی چرخه فیلتراسیون، بستر فیلترها با ذرات، مواد آلی و جمعیت میکربی پر می‌شوند. عمل شستشوی معکوس با آب برای حذف این مواد از واحدهای تشکیل دهنده فیلترها باعث بهبود عملکرد و نگهداری فیلترها می‌شود. چرخه شستشوی معکوس با در نظر گرفتن کیفیت آب خام و مراحل و عملکرد تصفیه آب، از ۱ تا ۷ روز برنامه ریزی می‌شود. تخمین زده شده که ۳ تا ۱۰ درصد از تولیدی آب تصفیه‌خانه به‌وسیله این فرایند مصرف می‌شود. آب دفع شده از شستشوی معکوس فیلترها بالاترین غلظت TSS، کدورت و مواد غیرآلی مانند آلومینیوم یا آهن را نسبت به آب خام نشان می‌دهد (Liao et al. 2013).

معمولاً غلظت مواد جامد معلق حاصل از شستشوی معکوس بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (Huang et al. 2011).

در زمان آماده شدن و اصلاح فیلترها، کیفیت آب خروجی فیلترها بلافاصله پس از شستشوی معکوس پایین می‌آید که این مشکل مهمی در تصفیه آب است. بیشتر از ۹۰ درصد از ذرات عبور داده شده از میان بستر فیلتر، می‌تواند در زمان شستشوی معکوس نیز بازیابی شود. فرایند شستشوی معکوس یا اصلاح عملکرد فیلترها هنوز به‌طور کامل درک نشده و افزایش عبور ذرات به داخل آب خروجی نهایی همیشه به خوبی مدیریت نمی‌شود. در ایالات متحده، به‌منظور رسیدن به شرایط بهینه برای کیفیت آب خروجی، حداکثر کدورت خروجی فیلتر از NTU ۰/۳ در طی شستشوی معکوس و نهایتاً رسیدن به کمتر از NTU ۰/۱ با فاصله ۱۵ تا ۲۰

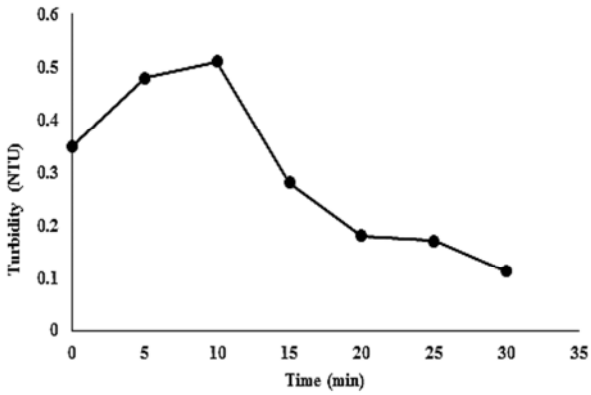

Fig. 3. The average change in turbidity at different times after phase 2 filter backwash in Isfahan water treatment plant

شکل ۳- میانگین تغییرات کدورت در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس فیلتر فاز ۲ تصفیه خانه آب اصفهان

میزان کدورت تا زمان حدود ۱۰ دقیقه، افزایش یابد و بعد از سپری شدن این زمان، کدورت کاهش یافته است. در نتیجه بازه زمانی ۱۵تا ۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای شروع به‌کار فیلتر انتخاب شد. یافته‌های حاصل از شمارش زئوپلانکتون‌ها نیز در شکل‌های ۴ و ۵ حاکی از این است که تا زمان حدود ۱۰ دقیقه، شمارش نماتدها

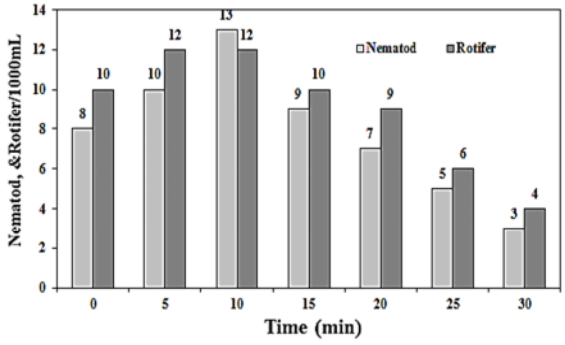

Fig. 4. Counting nematodes and rotifers at different times after phase 1 filter backwash in Isfahan water treatment plant

شکل ۴- شمارش زئوپلانکتون‌های نماتد و روتیفر در زمان‌های مختلف بعد از شستشوی معکوس فیلتر فاز ۱ تصفیه خانه آب اصفهان

و روتیفرها رو به افزایش است و پس از سپری شدن این زمان تعداد آنها کاهش یافته است. در نتیجه با توجه به یافته‌های حاصل از کدورت و شمارش زئوپلانکتون‌ها گستره ۱۵تا ۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای زمان پس از شستشوی معکوس و راه‌اندازی مجدد فیلتر انتخاب شد.

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.49334.2142

دقیقه زمان از راه‌اندازی مجدد فیلترها تنظیم شده است. به تأخیر انداختن شروع کار یک فیلتر خارج از سرویس برای زمان مشخص بعد از پر شدن مجدد، فرایندی است که می‌تواند به بهبود کیفیت آب خروجی نهایی از تصفیه‌خانه کمک کند که این زمان بستگی به دقت و مدت زمان شستشوی معکوس، روش شستشوی معکوس، ویژگی‌های آب ورودی فیلترها و مواد شیمیایی دارد. تأخیر در شروع می‌تواند سرعت جریان خروجی و کدورت خروجی هر فیلتر را کنترل کند و این از نظر تئوری در افزایش بهره‌وری فرایند فیلتراسیون و کاهش کدورت آب خروجی فیلتر تأثیرگذار است (Gottfried et al. 2008; Lin et al. 2014).

نتایج پژوهش نشان داد، شستشوی معکوس با استفاده از آب و هوا کارایی بهتری نسبت به شستشوی معکوس با آب یا هوا به طور مجزا دارد و همچنین زمان آن بسیار مهم است. طبق شکل‌های ۲ و ۳ در عمل شستشوی معکوس، کدورت آب خروجی فیلترهای استریم ۱ و ۲ بعد از زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به زیر ۰/۲ NTU می‌رسد و این نشان می‌دهد که خروجی آب فیلتر برای بالا رفتن کیفیت آب به این زمان نیاز دارد. همچنین شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد که زئوپلانکتون‌های نماتد و روتیفر در این زمان نیز کاهش چشمگیری داشتند و این بازه زمانی برای به حداقل رساندن این ارگانیسم‌ها در آب خروجی تصفیه‌خانه مناسب است. در پژوهشی در سال ۲۰۰۶ بر روی فیلترهای کربن فعال گرانوله و آنتراسیت به‌صورت مجزا، یافته‌ها نشان داده که پس از شستشوی معکوس در زمان‌های اولیه میزان کدورت افزایش می‌یابد (Emelro et al. 2006). در زمان‌های اولیه پس از شستشوی معکوس آب نسبتاً تمیزی که در منافذ بستر فیلتر وجود دارد به مرور زمان در چند دقیقه اول خارج می‌شود و در نتیجه میزان کدورت پایین است. با تداوم جریان تا زمان حدود ۱۰ دقیقه، عوامل مولد کدورت که توسط شستشوی معکوس از بستر کنده شده و در سطح قرار دارند، مجددا وارد بستر شده و در نتیجه همان گونه که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود کدورت تا ده دقیقه پس از شستشوی معکوس افزایش می‌یابد و پس از آن کاهش می‌یابد. در این پژوهش گستره ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای در مدار قرار گرفتن فیلتر پس از شستشوی معکوس پیشنهاد شد. نتایج با یافته‌های حاصل از پژوهشی که در سال ۲۰۰۵ بر روی روش‌های استراتژیک شستشوی معکوس فیلترها انجام شده، همخوانی دارد. براساس یافته‌های پژوهش مذکور، پس از شستشوی معکوس از زمان صفر تا حدود ۲۰ دقیقه میزان کدورت از ۰/۵ NTU به حدود ۰/۳۵ NTU کاهش یافت و پیک کدورت پس از شستشوی معکوس در گستره ۱۰ تا ۲۰دقیقه رخ داد. در زمان ۲۲ دقیقه کدورت به ۰/۲۵ NTU کاهش یافت (Amurgey & Amirtharajah 2005).

شمارش زئوپلانکتون‌ها نیز به نوعی با میزان کدورت در ارتباط است. همانگونه که از شکل ۴ قابل استنباط است تعداد نماتدها و روتیفرها در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب در فاز ۱ تصفیه‌خانه تا زمان ۱۰ دقیقه به‌ترتیب به ۱۳ و ۱۲ عدد در لیتر افزایش یافته و پس از گذشت این زمان تعداد آنها کاهش یافته است. در زمان ۲۰ دقیقه این تعداد به‌ترتیب به ۷ و ۹ عدد کاهش یافت. با توجه به شکل ۵، در فاز ۲ تصفیه‌خانه نیز در زمان ۲۰ دقیقه تعداد نماتدها و روتیفرها به‌ترتیب به ۸ و ۶ عدد در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر کاهش یافت. تغییرات تعداد نماتدها و روتیفرها براساس آزمون t معنی‌دار بود ($p<0.001$). بر این اساس می‌توان همانند کدورت، زمان ۱۵ تا ۲۰ دقیقه را به‌عنوان زمان راه‌اندازی فیلتر در نظر گرفت. به‌عبارتی لازم است که آب خروجی از فیلتر، ۱۵ تا ۲۰ دقیقه پس از شستشوی معکوس وارد خط اصلی جریان آب نشده و پس از سپری شدن این زمان در مدار قرار گیرد. نتایج با یافته‌های احمد و همکاران بر روی اثرات شستشوی معکوس روی کدورت و شمارش بشقابی هتروتروف‌ها مطابقت دارد (Ahmad et al. 1998).

در نهایت باید در نظر داشت که بلافاصله بعد از شستشوی معکوس و آماده به‌کارشدن فیلتر، کدورت آب خروجی فیلتر افزایش می‌یابد که می‌تواند در کیفیت آب خروجی نهایی تصفیه‌خانه بسیار تعیین کننده باشد. بنابراین می‌توان با زمان‌دهی بیشتر برای قرار دادن فیلتر در خط مدار، اجازه ته‌نشین شدن را به ذرات و لخته‌های باقیمانده داد و مقدار مواد معلق و ارگانیسم‌ها در خروجی را محدود کرد. شایان ذکر است در صورتی که امکان خارج کردن فیلتر به‌منظور ته‌نشینی مواد معلق مقدور نباشد، بهتر است فیلتر به‌صورت آرام در سرویس قرار گیرد، به این ترتیب که شیرهای مربوط به ورودی آب به فیلتر کاملاً باز نشود و باز شدن کامل شیرهای ورودی آب به فیلتر در حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه به‌طول بیانجامد. با این روش شیرهای خروجی فیلتر نیز با توجه به مقدار آب ورودی به فیلتر باز می‌شوند که این امر درصد خروج مواد معلق

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.49334.2142

محلول در آب فیلتر را به‌طور چشمگیری کاهش داده و تا حدود ۵۰ درصد مانع از شوک بعد از شستشوی معکوس به داخل آب خروجی می‌شود. همچنین با توجه به وضعیت موجود مابقی فیلترها از نظر شستشوی معکوس، بهتر است در صورت امکان شستشوی معکوس فیلترهای دیگر با فاصله زمانی حداقل نیم ساعت از فیلتر شستشوی معکوس شده، انجام شود تا به‌طور دائم شوک لحظه‌ای از شستشوی معکوس فیلتر وارد آب خروجی نشود. بر این اساس، لازم است که شرکت‌های آب و فاضلاب، مهندسان مشاور و سازندگان تأسیسات تصفیه‌خانه‌های آب توجه کافی به استفاده از فرایند فیلتراسیون در بررسی تغییرات بیولوژیکی و کدورت، به‌منظور تولید آب با کیفیت بهتر داشته باشند و زمان شستشوی معکوس، روش شستشوی معکوس، ویژگی‌های آب ورودی فیلترها و مواد شیمیایی مورد نیاز را به دقت مورد بررسی قرار دهند.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهش حاضر، در تصفیه‌خانه آب اصفهان، پس از شستشوی معکوس، ۱۵ تا ۲۰ دقیقه زمان لازم است تا پساب حاصل از شستشو کاملاً خارج شده و بستر فیلتر به حالت پایدار برگردد. این عمل می‌تواند تعداد ذرات معلق و ارگانیسم‌ها را در آب خروجی محدود کرده و به حفظ سلامت آب کمک کند زیرا با توجه به نتایج حاصل، تا قبل از این زمان لایه‌بندی بستر فیلتر هنوز به‌صورت منظم قرار ندارد و امکان خروج ذرات و میکروارگانیسم‌ها از بستر فیلتر و در نتیجه افزایش کدورت در آب خروجی تصفیه‌خانه وجود دارد.

۶- قدردانی

به این وسیله از مشارکت کلیه مسئولان و کارشناسان تصفیه‌خانه آب اصفهان، تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

References

Ahmad, R., Amirtharajah, A., Al-Shawwa, A. & Huck, P.M., 1998, "Effects of backwashing on biological filters", *Journal of American Water Work Association (AWWA)*, 90, 62-73.

Amburgey, J.E. & Amirtharajah, A., 2005, "Strategic filter backwashing techniques and resulting particle passage", *Journal of Environmental Engineering*, 131(4), 535-547.

Elbana, M., de Cartagena, F.R. & Puig-Bargués, J., 2012, "Effectiveness of sand media filters for removing turbidity and recovering dissolved oxygen from a reclaimed effluent used for micro-irrigation", *Journal of Agricultural Water Management*, 111, 27-33.

Emelko, M.B., Huck, P.M., Coffey B.M. & Smith E.F., 2006, "Effects of media, backwash, and temperature on full-scale biological filtration", *Journal of American Water Works Association*, 98, 12.

Francors, R.J. & VanHaute A.A., 1985, "Backwashing and conditioning of a deep bed filter", *Journal of Water Research*, 19(11), 1357-1362.

Gottfried, A., Shepard, A., Hardiman, K., & Walsh, M., 2008, "Impact of recycling filter backwash water on organic removal in coagulation–sedimentation processes", *Journal of Water Research*, 42, 4683-4691.

Greenberg, A. D. E., 2005, *Standard methods for the examination of water and wastewater*, APHA.,AWWA. and WEF., USA.

Huang, C., Lin, J-L., Lee, W-S., Pan, J.R. & Zhao, B., 2011, "Effect of coagulation mechanism on membrane permeability in coagulation-assisted microfiltration for spent filter backwash water recycling", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 378(1), 72-78.

Kim, Y.H., Eom, J-Y., Kim, K-Y., Lee, Y-S., Kim, H-S. & Hwang, S-J., 2010, "Applicability study of backwash water treatment using tubular membrane system with dead-end filtration operation mode", *Journal of Desalination*, 261(1), 104-110.

Archive of SID

www.SID.ir

Liao, X., Chen, C., Wang, Z., Wan, R., Chang, C-H., Zhang X., et al., 2013, "Changes of biomass and bacterial communities in biological activated carbon filters for drinking water treatment", *Process Biochemistry*, 48, 312-316.

Lin, W., Yu, Z., Zhang, H. & Thompson, I.P., 2014, "Diversity and dynamics of microbial communities at each step of treatment plant for potable water generation", *Journal of Water Research*, 52, 218-230.

McCormick, N., Porter, M. & Walsh, M., 2010, "Disinfection by-products in filter backwash water: Implications to water quality in recycle designs", *Journal of Water Research*, 44(15), 4581-4589.

Mott, J., Mulamoottil, G. & Harrison A., 1981, "A 13-month survey of nematodes at three water treatment plants in Southern Ontario, Canada", *Journal of Water Research*, 15, 729-738.

Qasim, S. R., Motley, E. & Zhu, G., 2000, *Water works engineering: Planing, design, and operation*, Prentice-Hall, Inc., New Dehli.

Yang, J., Liu, W., Li B., Yuan, H., Tong, M. & Gao, J., 2010, "Application of a novel backwashing process in upflow biological aerated filter", *Journal of Environmental Sciences*, 22(3), 362-366.

Archive of SID

www.SID.ir