

بازیافت آب و فاضلاب

نویسنده: الیزابت رویت - مترجم: عبدالله مصطفایی

در شرایط کنونی جهان، فاضلاب تصفیه شده به عنوان یکی از منابع مهم آب به شمار می رود و هرروزه شاهد راه اندازی پروژه های جدیدی از این دست در سطح دنیا هستیم. این پروژه ها دو پیام را برای جهانیان به همراه دارند: اول آنکه وضعیت آب و منابع آن در بسیاری از مناطق جهان در حال وخیم تر شدن است، دوم آنکه فناوری لازم برای خروج از این وضعیت در دست است و فقط باید سرمایه گذاری کرد و این فناوری ها را به خدمت گرفت.

چندی قبل برنامه یی از تلویزیون کشورمان پخش شد که گویای ایجاد گودال های بسیار بزرگ با عمق 30 متر (به اندازه یک ساختمان 10 طبقه) و بیشتر در مناطق مختلف استان همدان بود. نظر کارشناسان بر این بود که این گودال های عظیم به دلیل برداشت اضافی آب از منابع زیرزمینی خاص این مناطق به وجود آمده اند. البته مقصر این موضوع مشخص نخواهد شد، چون صنایع و نیروگاه ها کشاورزان را به عنوان مقصر اعلام می کنند و کشاورزان نیز طرف مقابل را به اضافه برداشت متهم می کنند. هر چند این گونه بحث ها مطلب جدیدی در کشور نیست ولی در نهایت این محیط زیست است که آسیب جدی می بیند و باید تاوان عمل دیگران را بپردازد. در اینجا است که به نظر می رسد با تصفیه فاضلاب های این استان و دیگر استان ها و تامین آب کشاورزان، صنایع و نیروگاه ها از این منبع جدید بتوان به نوعی تعادل با طبیعت دست یافت و در ضمن از منابع آب نیز در سطح کشور صیانت کرد، چون امکان تداوم خشکسالی ها همواره وجود دارد و آمار گویای آن است که طی سه دهه گذشته سطح آب های زیرزمینی کشور بیش از 15 متر کاهش یافته است پس مطمئناً در آینده وجود این گودال ها مختص یک استان نخواهد بود. البته نباید از یاد برد که در جهان امروز، استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده از ابتدایی ترین راه حل ها به شمار می رود چون کشورهای پیشرفته پا را از این فراتر نهاده و فاضلاب ها را حتی تا حد قابل شرب تصفیه می کنند تا بتوانند در مناطق مورد نیاز، پاسخگوی مشترکان شهری خود نیز باشند. در هر حال اگر اعتقاد داریم ذخایر نفت کشور فقط متعلق به نسل کنونی نیست و باید برای نسل های آینده حفظ شود، پس باید توجه داشته باشیم که منابع کنونی آب کشور نیز متعلق به نسل های بعدی است و باید با تدبیر بیشتری (حتی نسبت به نفت) مورد بهره برداری قرار گیرد چون نفت به هر حال می توان جایگزین هایی را مثل اتانول، بیودیزل و... معرفی کرد ولی «آب جایگزین ندارد و حیات همه موجودات متکی به آن است». (علاقه مندان می توانند به مقاله «آب همتای نفت» در روزنامه اعتماد مورخ 88/2/15 مراجعه کنند).

قرار بود برای بازدید از یک واحد بازیافت آب از نیویورک به کالیفرنیا سفر کنم. قبل از مسافرت مطابق معمول کف آشپزخانه را دستمال کشیدم. سپس در حالی که سطل حاوی آب کثیف را درون کاسه توالت خالی کرده و به آب کف آلودی که از سیفون خارج می شد نگریدم، برای یک لحظه در ذهن خود به تاسیساتی فکر کردم که مسیر این آب کثیف را تشکیل داده و با گذشتن از لوله های طویل، این آب را به تصفیه خانه فاضلاب می رسانند تا در آنجا مواد جامد موجود در آن جدا شده و آب پس از ضدعفونی شدن وارد اقیانوس شود.

یک روز بعد زمانی که در شهر سانتاآنا در کالیفرنیا بودم، توجهم به توالت هتل جلب شد و در این لحظه بود که به

یک چرخه کاملاً جدید آب فکر کردم. در این شهر آب پس از خروج از سیفون و شبکه فاضلاب وارد تصفیه خانه فاضلاب در ناحیه فانتین ولی می شود. سپس آب خروجی به جای اقیانوس وارد یک تصفیه خانه دارای سوپرفیلترهایی می شود که آب را از آب باران نیز تمیزتر می کنند. در ادامه آب خروجی از این واحد از طریق یک خط لوله 13 مایلی به شمال این منطقه پمپاژ و وارد یک دریاچه مصنوعی می شود تا از این طریق به درون زمین نفوذ کند. در پایین دست این دریاچه نیز تصفیه خانه هایی قرار دارد که آب را از این آبخوان برداشت کرده و آب مورد نیاز 2/3 میلیون مشترک را تامین می کند که البته این آب قابل شرب نیز هست. اگر شما با این کار موافقید می توانید نام این عملیات را «استفاده مجدد غیرمستقیم برای شرب» بنامید. اگر با این نام درگیری ذهنی دارید، شاید بتوانید نام این عملیات را «از توالی به شیر آب» نامگذاری کنید .

در ژانویه 2008 «سیستم شارژ مجدد آب زیرزمینی» افتتاح شد که در نوع خود در جهان بی نظیر است. هزینه ساخت این سیستم بیش از 480 میلیون دلار بوده است و سالانه نیز حدود 29 میلیون دلار هزینه بهره برداری دارد و ساخت آن نیز 10 سال طول کشیده است. البته مشکلات این پروژه بیشتر روان شناختی بوده است نه ساختاری چون مخالفت با این گونه طرح ها تقریباً در تمامی نقاط جهان وجود داشته است. شاید این به آن دلیل باشد که طی 150 سال گذشته دور نگه داشتن فاضلاب از آب شرب، یکی از مهم ترین اولویت های بهداشت عمومی بوده است .

باید توجه داشت که در منطقه اورنج کانتی تاکنون همه تلاش ها بی ثمر بوده است و راه حل جذابی نیز به ذهن متبادر نمی شود. این از آن جهت است که به دلیل برداشت های بیش از حد از آب زیرزمینی، آب شور اقیانوس آرام وارد منابع آب این منطقه شده است .

ویلدرموث سخنگوی اداره آب این منطقه است. به نظر او افزایش جمعیت به معنی افزایش حجم فاضلاب است و برای تخلیه این فاضلاب به اقیانوس باید یک خط لوله دیگر به طول پنج مایل در درون اقیانوس کشیده شود که این طرح حدود 200 میلیون دلار هزینه دربرخواهد داشت. با تصفیه فاضلاب ها می توان با یک تیر دو نشان را هدف گرفت، یعنی مشکل دفع فاضلاب و همچنین هجوم آب شور را به یکباره حل کرد که برای این کار قسمتی از فاضلاب تصفیه شده در حوالی ساحل به زمین تزریق می شود تا به عنوان یک مانع تحت فشار، از ورود آب شور اقیانوس جلوگیری کند. این منطقه در کالیفرنیا جنوبی قرار دارد و به مناطق خشک نزدیک است و ضمناً تا سال 2020 بین 300 تا 500 هزار نفر مشترک جدید نیز به جمعیت آنها اضافه خواهد شد و به علاوه هزینه واردات آب از رودخانه کلرادو و نیز بخش کالیفرنیا شمالی افزایش می یابد، به نحوی که هر هزار متر مکعب آب وارداتی حدود 430 دلار هزینه دارد، این در حالی است که هزینه هزار متر مکعب فاضلاب تصفیه شده حدود 420 دلار تمام می شود. بر این اساس در این ناحیه به فاضلاب به عنوان یک منبع مهم برای تامین آب می نگرند، چون گزینه دیگری وجود ندارد یا اگر هست، هزینه بیشتری دارد .

به دلیل افزایش تقاضا برای آب، در بعضی از حوضه های آبریز میزان برداشت بیش از میزان آب ورودی است و با توجه به نازک تر شدن کوه های قطبی و تغییرات آب و هوایی انتظار می رود نواحی خشک، خشک تر شوند. بر این اساس مدیران در سطح کشورها و نیز در سطح جهان با چنین مشکلاتی مواجه هستند. مسوولان شهرهای لس آنجلس و سن دیه گو که استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده برای نوشیدن را قبلاً رد کرده بودند، مجدداً به این ایده فکر می کنند و این تفکر مجدد درباره این موضوع در مورد مناطق Miami- Dade County و Dekalb County نیز

صدق می کند .

زمانی که مسوولان منطقه اورنج کانتی برای این کار برنامه ریزی کرده و مجوزهای لازم را اخذ کردند، کارشناسان روابط عمومی وارد معرکه شده و با توزیع فیلم ها و بروشورهای آموزشی ساده و جذاب به میان مردم رفته و طی مهمانی هایی از مردم خواستند سوالات و ابهامات خود را برای دریافت پاسخ مطرح کنند. ویلدرموث متذکر می شود: «اگر گروهی سوال داشتند، ما برای پاسخگویی نزد آنان می رفتیم.» قابل ذکر است که ویلدرموث اخیراً برای فروش فاضلاب تصفیه شده، به شهر لس آنجلس منتقل شده است. او می گوید: «در بین انجمن های تاریخی، اتاق های بازرگانی و کمیته های گل و گیاه، سوال اصلی در مورد بهداشت و ایمنی این آب بود.» پس از انجام این نشست ها بالاخره با باز شدن شیر بین تصفیه خانه فاضلاب و تصفیه خانه آب شرب دوره جدیدی از تاریخ آب کالیفرنیا آغاز شد .

من هنگام ورود به این تصفیه خانه با یکسری ساختمان های مدرن در پشت دیوارهای بتنی مواجه شدم و آقای ویلدرموث نیز با یک کت اسپورت آبی رنگ و یک کراوات روشن به استقبال من آمده بود. هنگامی که نزدیک واحد میکروفیلتراسیون بودیم او به نقطه یی اشاره کرد. من پس از مشاهده، متوجه آب کف آلودی شدم که از تصفیه خانه فاضلاب خارج می شد. او با اشاره به بخش میکروفیلتراسیون به من گفت: «این واحد جالب ترین چیزی است که در این تاسیسات وجود دارد و من نمی خواهم شما دیدن آن را از دست بدهید».

در ادامه آقای ویلدرموث به تشریح بخش های داخلی این واحد پرداخت و گفت درون هر یک از این بخش های شانزده گانه، ردیفی از لوله هایی قرار دارد که به صورت عمودی قرار داشته و درون هر یک از لوله ها حدود 15 هزار الیاف پلی پروپیلنی با ضخامت بسیار کم قرار دارد. روی این الیاف منافذی با قطر یک سیصدم قطر موی سر انسان وجود دارد. هنگامی که پمپ ها آب را به درون این الیاف می کشند، مواد بزرگ تر از 0/2 میکرون مثل باکتری ها، پروتوزا و مواد معلق خطرناک در پشت این الیاف باقی می ماندند. طبق گفته ایشان هر 21 دقیقه یک بار، حباب های هوا به این الیاف تزریق می شود تا آشغال ها را از الیاف دور سازد. آب کثیف حاصل از این شست و شوی معکوس به ابتدای تصفیه خانه عودت داده می شود. آب تمیز حاصل از عملیات میکروفیلتراسیون دارای رنگی شبیه رنگ چای بابونه است که برای عملیات بعدی به ساختمان اسمز معکوس (RO) هدایت می شود. سپس برای مشاهده پمپ ها و لوله های بسیار بزرگی که در زیر زمین قرار داشتند، به آنجا رفتیم. (در مورد تلفیق سیستم های فیلتراسیون و اسمز معکوس، علاقه مندان می توانند به مقاله «چه کسی استخر المپیک را پر می کند» یا مقاله «تغییر در دیدگاه سنتی در تصفیه فاضلاب» روزنامه اعتماد به ترتیب در تاریخ های 86/10/25 و 88/4/6 رجوع کنند.)

من به او گفتم: «همه سیستم ها دارای برچسب بوده و به نحو وسواس گونه یی تمیز هستند که از این موضوع تعجب می کنم، البته این موضوع اطمینان بخش نیز هست».

در ادامه با ادامه مسیر لوله ها به یک ساختمان فلزی رسیدیم که در آنجا مواد ضد رسوب و اسیدسولفوریک (برای کاهش PH) اضافه شده و آب پرفشار به درون غشاهای مارپیچی از جنس پلاستیک رانده می شد. آقای ویلدرموث بیان داشت در این اسمز معکوس همه مولکول ها غیر از آب (مثل نمک ها، ویروس ها و بازمانده مواد دارویی) جدا می شوند و این مواد جدا شده از طریق یک خط لوله به اقیانوس هدایت می شود. آب زلال خروجی از این قسمت به ساختمان دیگری می رود تا در آنجا برای ضد عفونی شدن، پراکسید هیدروژن به آن تزریق شود و تحت تابش نور تعداد 144 لامپ فرابنفش (UV) قرار گیرد. با این کار تمامی ترکیب مخرب از بین رفته و امکان تولیدمثل از تمامی موجودات سلب می

شود .

هنگام قدم زدن برای بازگشت، آقای ویلدرموث سه مخزن شیردار را به من نشان داد که مخزن سمت راستی حاوی آب شست و شوی اسمز معکوس بود و رنگ آن تیره و به رنگ ملاس قند بود که روی آن مواد روغنی براق جمع شده بود و هنگامی که خواستم آن را مشاهده کنم، ایشان به من متذکر شد که «دست نزن». تانک وسط، حاوی آب به رنگ چای بابونه بود که از میکروفیلتراسیون حاصل شده بود و تانک سمت چپ نیز آب زلال خروجی بود که «شفاف و بدون بو» است .

البته حتی این آب جدا شده، فیلتر شده و تحت تابش UV قرار گرفته نیز برای چشیدن به حد کمال خود نرسیده است و باید عملیات دکربناسیون و افزودن آهک (جهت افزایش PH روی آن انجام شود. نهایتاً نیز از طریق یک خط لوله بزرگ زیرزمینی حدود 13 مایل به سمت شمال طی طریق کرده و وارد مخزن کرامر می شود. در این مخزن که به صورت یک دریاچه دست ساز است با آب موجود در دریاچه مخلوط شده و شش ماه طول می کشد که از لایه های شن و ماسه عبور کند تا نهایتاً از طریق تصفیه خانه ها به منازل مردم منتقل شود. شاید بتوان این دریاچه را کسل کننده ترین پایان برای درخشان ترین فناوری دانست که فاضلاب را به آب شرب تبدیل می کند. ولی مجدداً باید آن را وارد زمین کرد. راهنمای ما متذکر می شود به این مرحله فیلتراسیون نهایی (عبور دادن از لایه های زمین) نیازی نیست ولی این موضوع به دلیل اطمینان روانی مشترکان انجام می شود .

البته قابل ذکر است تقریباً تمام آب موجود در لوله های منازل امریکا بالاخره در تماس با فاضلاب تصفیه شده است. این به آن دلیل است که تصفیه خانه های فاضلاب پس از تصفیه آب را وارد آبراه ها و رودخانه ها می کنند که از آب این رودخانه ها در شهرهای دیگر برای شرب استفاده می شود. مثلاً اهالی نیواورلئان از آب رودخانه می سی سی پی برای آشامیدن استفاده می کنند و آب این رودخانه از بین شهرهای زیادی عبور می کند. در مورد لاس وگاس می توان دید چطور این شهر فاضلاب تصفیه شده خود را وارد رودخانه کلرادو می کند. تازه این قسمت خوب قضیه است، چون هنگام بارندگی های سنگین تعداد زیادی از شهرها به دلیل عدم امکان تصفیه، فاضلاب تصفیه نشده را از کنار گذر تصفیه خانه ها عبور داده و وارد آبراه ها می کنند که براساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست امریکا این رقم سالانه بالغ بر 860 میلیارد گالن می شود. به هر حال آنچه باعث تسلی خاطر می شود آن است که در این کار، فاضلاب شدیداً رقیق شده و با گذشت زمان و تابش نور خورشید اجزای موجود در آن تجزیه شده و قبل از رسیدن به دست مصرف کنندگان در تصفیه خانه های آب تصفیه و ضدعفونی می شود . سازمان حفاظت محیط زیست امریکا نیز برای کنترل آلودگی، تصفیه خانه ها را به سنجش پاتوژن ها ملزم کرده است و اطمینان بخش این است که از سال 1993 تاکنون شیوع وسیع بیماری های متاثر از آب در این کشور گزارش نشده است .

البته مهندسانی که از فناوری های پیشرفته برای تصفیه فاضلاب استفاده می کنند برای اطمینان خاطر مصرف کنندگان نهایتاً فاضلاب تصفیه شده را وارد مخازن و دریاچه ها می کنند. در سنگاپور در این دریاچه ها حدود یک درصد فاضلاب تصفیه شده با 99 درصد آب تازه مخلوط می شود. در منطقه اورنج کانتی نیز 17 درصد فاضلاب تصفیه شده با 83 درصد آب تازه مخلوط می شود. البته در منطقه ویندوک در کشور نامیبیا به دلیل خشک بودن منطقه، فاضلاب تصفیه شده به صورت 100 درصد به مصرف می رسد. در ویرجینیا از 30 سال پیش به این طرف فاضلاب تصفیه شده وارد این گونه دریاچه ها شده و پس از اختلاط با آب تازه برای استفاده یک میلیون نفر از مردم ارسال می شود. البته از

لحاظ حجم فاضلاب تصفیه شده منطقه اورنج کانتی رکورددار بوده و روزانه هفت میلیون گالن آب را وارد مخازن می کند که تا سال 2011 این رقم به 85 میلیون گالن بالغ خواهد شد .

بعضی از کارشناسان محیط زیست، طرفداران محیط رودخانه ها و کسانی که در کالیفرنیا به ورزش های آبی می پردازند، در زمره افرادی به شمار می روند که در مورد آلودگی رودخانه ها و اقیانوس ها دچار نوعی توهم هستند. باید توجه داشت گزینه واردات آب نیز دارای تبعات اقتصادی و زیست محیطی است. مثلاً حدود یک پنجم از انرژی مصرف شده در ایالت کالیفرنیا صرف انتقال آب از شمال به جنوب این ایالت می شود.

گلیک رئیس موسسه تحقیقاتی پاسیفیک است. او می گوید: «دوران این تفکر که فاضلاب هزینه است به سرآمده است. فاضلاب، امروزه یک دارایی به شمار می رود و باید به این موضوع فکر کرد که چگونه می توان بهترین استفاده را از این دارایی داشت.»

زمانی که ما از منابع تجدیدناپذیر کره زمین مثل نفت و فلزات برداشت می کنیم، درون یک مسیر یک طرفه قرار داریم که مواد خام را مصرف کرده و در نهایت ضایعاتی به بار می آوریم که کمتر مورد توجه ما است. ما در گذشته عملیات بازیافت آلومینیوم را راه انداخته ایم تا استخراج مواد معدنی مربوطه کاهش یابد و عملیات کمپوست مواد آلی را به خدمت گرفته ایم تا در مراکز دفن زباله، متان کمتری تولید شود و با همین استدلال پلاستیک های بازیافتی را مورد استفاده مجدد قرار داده ایم. حال در مورد آب که ارزش بسیار بیشتری از این مواد دارد نیز باید با استدلال مشابهی وارد عمل شویم.

ایورت مدیر اجرایی اتحادیه آبخوان های کالیفرنیا جنوبی است. او معتقد است: «ما باید به ضایعات به عنوان منابع جدید بنگریم و همه آنها را تصفیه کنیم. وضعیت منابع آب ما در صدها مایل دورتر وخیم تر می شود ولی برعکس، جمعیت در حال افزایش است. حال برای این موضوع چه پیشنهادی داریم؟»

تا زمانی که وضعیت آب مصرفی توسط کشاورزان همانند وضعیت کنونی باشد، حفاظت از منابع آب مسیر پرپیچ و خمی را شاهد خواهد بود. این در حالی است که به دلیل کمبود آب مدیران تصفیه خانه ها دیر یا زود در همه جا به فکر استفاده مجدد از فاضلاب برای شرب خواهند افتاد.

البته باید توجه داشت که این کار نیز خالی از خطر نخواهد بود. بعضی از دانشمندان نگران ترکیبات خطرناک یا ویروس های غیرقابل شناسایی هستند که ممکن است از فیلترهای چندگانه فیزیکی و شیمیایی تصفیه خانه ها عبور کرده باشند. گروهی دیگر در مورد امکان خطاهای انسانی یا خرابی های مکانیکی مثل انسداد فیلترها یا فرسودگی غشاهای نگرانند، چون در آن صورت باعث خواهد شد پاتوژن ها بهداشت عمومی آب آشامیدنی را به خطر بیندازند.

فیلیپ سینگر استاد دانشگاه مهندسی محیط زیست در دانشگاه کارولینای شمالی است. او عقیده دارد از فاضلاب تصفیه شده فقط باید در کاربردهای غیرآشامیدنی استفاده کرد. او می گوید: «ممکن است مقادیر بسیار کمی از آلاینده ها در این آب وجود داشته باشد. هر چند سیستم های اسمز معکوس و ضد عفونی کردن با UV عملیات بسیار خوبی است، ولی هنوز موارد عدم اطمینان وجود دارد.»

البته در هر صورت گروهی وجود دارند که با این گونه طرح ها همیشه مخالفند. یکی از آنها خانم واتسون است .

واتسون یک معلم بازنشسته است و برای مقابله با استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده برای شرب، گروه «مادربزرگ های شورشی» را پایه گذاری کرده است. او پس از بازدید از تصفیه خانه منطقه اورنج کانتی باز هم می گوید متقاعد نشده است. او گفته است: «این تصفیه خانه شبیه تصفیه طبیعی نیست که طی آن خورشید و آسمان و رودهای خروشان در برخورد با سنگ ها هستند، اینجا فقط چند دستگاه قرار دارد.» نهایتاً نیز او می پرسد: «چرا ما باید مانند جهنمی ها از فاضلاب خودمان بنوشیم».