



## بررسی روش‌های بهینه در تصفیه آب و فاضلاب

مهندس محسن رنجبر

کارشناس معماری

محبوبه کشتکار

کارشناس محیط زیست

### مقدمه:

رشد روزافزون جمعیت جهان و در نتیجه بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب و آلوده شدن آن به سبب فعالیت‌های گوناگون زیستی، کشاورزی، صنعتی و... از یک سو و گرم شدن زمین و کمبود آب آشامیدنی مناسب از سوی دیگر دست به دست هم داده و زنگ خطر بحران آب را به صدا درآورده است.

با توجه به این مسئله امروز همه کشورهای جهان بخصوص کشورهای توسعه‌یافته بودجه کلانی را جهت تحقیق و بررسی شیوه‌های مناسب و اقتصادی تصفیه آب و نیز بازگرداندن و استفاده بهینه از فاضلاب، صرف می‌کنند.

در کشور ما نیز در سال‌های اخیر که با مشکل کمبود آب آشامیدنی بخصوص در مناطق جنوبی و در فصل‌های گرم سال در اکثر شهرها، مواجه می‌باشیم، مسئولین را بر این داشته تا تحقیقات و بررسی‌های خود پیرامون روش‌های بهینه تصفیه آب و فاضلاب را جدی‌تر گرفته و به انجام این موضوع همتی بیشتر داشته باشند.

### الف) آب:

آب شرط اولیه حیات می‌باشد که حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد وزن انسان بالغ را تشکیل می‌دهد و اکثر قریب به اتفاق واکنش‌های شیمیایی در محیط آبی صورت می‌پذیرد. آب به علت پاره‌ای از خواص ویژه اساسی، نقش تنظیم‌کننده‌ای در طبیعت داشته و آن را در برابر تغییرات ناگهانی دما حفظ می‌کند.

در جهان حدود ۶۹ درصد آب مصرفی صرف کشاورزی و عموماً آبیاری می‌شود و ۲۳ درصد به مصرف صنایع می‌رسد که مصارف خانگی تنها حدود ۸ درصد را به خود اختصاص می‌دهند که این رقم متأسفانه در کشور ما بدلیل سیستم سنتی کشاورزی حدود ۹۳ درصد است.

در کشورهای توسعه‌یافته، کشاورزی و صنایع بیشترین مصرف آب را به خود اختصاص می‌دهند و بیشترین آلودگی آب‌ها رانیز دارند.

## ب) فاضلاب:

فاضلاب یا گنداب عبارتست از آب استفاده شده‌ای که برای مصرف خاص خود قابل استفاده مجدد نیست یا به عبارتی کیفیت آن پایینتر از قبل از استفاده‌ها از آن می‌باشد. فاضلاب ممکن است خانگی یا ترکیبی از فاضلاب خانگی و فاضلاب صنعتی و کشاورزی نیز باشد که در این مقاله بیشتر فاضلاب ناشی از فعالیت‌های خانگی مورد نظر است.

بخش عمده فاضلاب را آب و درصد جزئی مواد جامد می‌باشد که بخشی از آن مواد آلی و بخش دیگر مواد معدنی جامد به حالت محلول یا معلق در آب می‌باشند که اگر تصفیه نشود تجزیه مواد آلی آن ممکن است منجر به تولید مقدار زیادی گازهای بدبو شود. بعلاوه فاضلاب تصفیه‌نشده حاوی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای فراوانی است که در دستگاه گوارش انسان زندگی می‌کنند و یا در برخی فضولات صنعتی موجودند.

فاضلاب شامل برخی مواد مغذی نیز هست که می‌تواند سبب رشد گیاهان آبی شود و ممکن است ترکیبات سمی نیز داشته باشد، بنابراین دلایل انتقال سریع فاضلاب از منابع تولید و سپس تصفیه و دفع آن نه فقط مطلوب، بلکه در جوامع صنعتی ضروری است و جنبه اقتصادی و تولید نیز دارد.

فاضلاب می‌بایست قبل از اینکه در مرحله نهایی به آبهای پذیرنده دفع گردد، تصفیه شود تا اینکه:

۱) بیماری‌های واگیر ناشی از آلودگی‌های فاضلاب مهار و بهداشت عمومی تامین گردد.

۲) حفظ منابع آب، از طریق عدم آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی و در صورت امکان استفاده مجدد از بخش عظیمی از آب تصفیه شده برای مصارف خاص نظیر فعالیت‌های کشاورزی و پرورش آبزیان.

۳) حفظ محیط زیست

## روش‌های تصفیه آب و فاضلاب

### ۱- گندزدایی به روش کلر

عمومی‌ترین روش گندزدایی در جهان کلرزی می‌باشد که از دلایل عمده استفاده از آن می‌توان موثر بودن در غلظت پائین، ارزان و در دسترس بودن و نیز داشتن باقیمانده در آب پس از عمل گندزدایی را نام برد. کلر را می‌توان به صورت گاز کلر ( $Cl_2$ ) و یا به صورت ترکیب هیپوکلریت کلسیم  $Ca(OCl)_2$  و یا هیپوکلریت سدیم  $NaOCl$  در گندزدایی آب بکار برد و در تصفیه‌ی آب آشامیدنی شهرها و مصارف صنایع بزرگ، کلرزی غالباً به صورت گاز کلر انجام می‌شود.

کلر، گازی است خطرناک و کار با آن نیاز به احتیاط‌های لازم دارد. از آنجایی که کلر، گازی جذب‌شونده، محرک و خفه‌کننده برای انسان است، حد مجاز آستانه TLV (Permissible Limit Value) آن در هوای استنشاقی، معادل ۳ میلی‌گرم در مترمکعب تعیین شده است. تنفس گاز کلر به مقدار زیاد باعث مسمومیت بسیار شدید شده و گاهی مرگ‌آور است.

به‌طور کلی ایمنی و بهداشت عمومی و محیط کار در تصفیه‌خانه‌ها ارتباط مستقیمی به چگونگی طراحی ساختمان و رعایت ضوابط ایمنی کار با گاز کلر دارد. لذا به منظور پیشگیری از بروز احتمالی حوادث و خطرات جانی و مالی ناشی از نشت گاز در محیط کار و محیط زیست، آتش‌سوزی و انفجار و تامین سلامت کارکنان و ساکنان اطراف، تدوین اصول طراحی ایمنی و بهداشت ساختمان واحد کلرزن در تصفیه آب آشامیدنی یک ضرورت است.

کلرزی اگر چه بسیار رایج است اما نیاز به تجهیزات متعدد و جاگیر و از همه مهمتر نقل و انتقال و کاربرد گاز خطرناک کلر دارد. ایمنی کامل در طراحی سیستمهای ذخیره و نگهداری کلر بایستی رعایت گردد، بدلیل آن که گاز کلر بسیار سمی و خورنده است.

در کاربرد کلر به عنوان ضدعفونی کننده رعایت موارد زیر الزامی است:

- کلریناسیون روزمره بایستی نزدیک نقطه کاربرد صورت گیرد .

- ذخیره کلر و تجهیزات کلریناتور بایستی در اتاقهای جداگانه صورت گیرد .

- تهویه بایستی کف اتاق تعبیه گردد بدلیل اینکه گاز کلر سنگین‌تر از هوا می‌باشد.

- ذخیره کلر باید جدا از تغذیه‌کننده‌های کلر صورت گیرد.

- اتاق کلریناتور باید از نظر حرارت کنترل گردد که حداقل دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد می‌شود که با افزایش دمای آب تاثیر گندزدایی کلر بیشتر می‌شود لذا کلر کمتری مورد نیاز است .

- از تابش خورشید بطور مستقیم روی سیلندرهای گاز کلر جلوگیری به عمل آید و هرگز حرارت به‌طور مستقیم در تماس با سیلندرها نباشد .

اثرات زیست محیطی ناشی از گاز کلر در منابع آبی بدین صورت است که مقدار بیشتر از ۱۰۵ میلی‌گرم در لیتر باعث مرگ و میر آبزیان مخصوصاً ماهی می‌گردد.

### ۲- گندزدایی به روش ازون

#### ۱-۱- ازون چیست؟

ازون گازی است تقریباً بی‌رنگ با



بوی ترش با قدرت اکسیداسیون بالا. مولکول ازون پایدار نبوده و در نتیجه نمی‌توان آن را انبار یا حمل نمود. این امر باعث می‌گردد که تولید ازون همواره در محل انجام گیرد. لذا مرحله حمل و انبار مواد شیمیایی در این روش حذف می‌شود.

بطور کلی دلایل استفاده از گاز ازون به شرح زیر است:

- اکسیداسیون جزئی یا کلی مواد محلول در آب

- تهنشینی مواد محلول

- لخته‌سازی مواد آلی

- ناپایدار ساختن اجسام کلونیدی

- ضد عفونی و از بین بردن باکتریها، انگلها، قارچها و...

بر خلاف کلر و مواد شیمیایی دیگر، اکسیداسیون بوسیله ازون، هیچگونه مواد سمی یا مضر در آب بجای نمی‌گذارد و نیاز به پالایش مجدد آب ندارد. تجربه نشان داده است که ازون سریعاً اجزای محلول در محیط را اکسید می‌نماید و حاصل این اکسیداسیون تنها اکسید اجزا و اکسیژن می‌باشد لذا برای استفاده در مواردی که عناصر باقی‌مانده دیگر، ممکن است مشکلات جنبی بوجود آورند مناسب می‌باشد.

## ۲-۲- منابع تولید ازون

گاز ازون بطور طبیعی در زمان رعد و برق یا بوسیله اشعه ماوراء بنفش (U.V) موجود در نور خورشید بوجود می‌آید. اما بطور مصنوعی تولید ازون به دو طریق لامپهای U.V و یا تخلیه الکتریکی صورت می‌گیرد. تولید ازون در حجم بالا عموماً با تخلیه الکتریکی بر روی دو قطب انجام می‌پذیرد که بنام (SED) Silent Electrical Discharge شناخته شده است. تولیدکننده‌های ازون با استفاده از این روش با بهره‌برداری از الکترودهایی با ولتاژ بالا که به فاصله معین از هم قرار گرفته‌اند کار می‌کنند. در دستگاه‌های جدید تولید ازون، اکسیژن در بین این فاصله جریان می‌یابد و با استفاده از تخلیه الکتریکی ازون تولید می‌شود.

## ۳- تصفیه آب با استفاده از فیلترهای سرامیکی

توانایی بازیافت آب، امکان دسترسی به یک منبع مناسب برای مصارف گوناگون را ایجاد می‌کند. با به کارگیری فناوری‌های الکتریکی و مکانیکی به سادگی می‌توان آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی بازیافت نمود. بدین ترتیب

فیلترنمودن آب با فیلترهای نانومتری، تحولی عظیم در بازیافت و استفاده مجدد از آب‌های صنعتی و کشاورزی ایجاد می‌کند. فیلترهای فیزیکی با منافذی در حد نانومتر می‌توانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و حتی واحدهای کوچک پروتئین را صددرصد غربال کنند. با

جداسازهای الکتریکی که یون‌ها را به وسیله صفحات ابرخازن جذب می‌کند می‌توان نمک‌ها و مواد سنگین را جذب کرد. بررسی فعالیت‌های مختلف دنیا، شامل برنامه‌های در دست اجرا و برنامه‌های آتی مراکز صنعتی و پژوهشی، نشان می‌دهد که حوزه تصفیه یکی از حوزه‌های کاربرد فناوری نانو در صنعت آب است؛ و با بهره‌گیری از آن، هزینه‌های تصفیه آب به میزان زیادی کاهش خواهد یافت.

دو زمینه اصلی در این عرصه عبارتند از:

- فیلترهای نانومتری به منظور افزایش بازیابی آب در

سیستم‌های موجود؛

- نانوحسگرهای زیستی به منظور تشخیص سریع و کامل

آلودگی‌های آب.

در این بخش به بررسی تعدادی از کاربردهای فناوری نانو

در صنعت آب می‌پردازیم.

## ۳-۱- نانوفیلتراسیون

فناوری‌های جدید، امکان تولید آب نانوفیلتر شده را در مقیاس انبوه فراهم می‌کند. آب تصفیه‌شده به وسیله نانوفیلتراسیون به اندازه آب معدنی تصفیه‌شده ارزش دارد. با استفاده از نانوفیلتر، مواد معدنی لازم برای سلامت انسان در آب باقی مانده و مواد سمی و مضر، از آن حذف می‌شود. نانوفیلتراسیون یک روش مفید بین روش‌های اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون است. اولترافیلتراسیون به دلیل بالاتر بودن مقدار آلاینده‌های معدنی و قلیایی نسبت به حد مجاز و روش اسمز معکوس به دلیل تولید خلوص بیش از حد محصول و بالا بودن قیمت دارای نقایصی هستند.

دانشمندان دانشگاه باناراس (Banaras) روش ساده‌ای برای تولید فیلترها با استفاده از نانولوله‌های کربنی یافته‌اند که قادر به حذف مؤثر آلاینده‌های میکرو و نانو از آب و نیز حذف هیدروکربن‌های سنگین از نفت خام است. استفاده از نانولوله‌های کربنی در ساخت فیلترها سبب سهولت در تمیز کردن، افزایش استحکام، قابلیت استفاده مجدد و مقاومت آنها در برابر گرما می‌شود. این فیلترها دارای دقت بسیار مناسبی در کاربردهای مختلف هستند، به عنوان مثال قادرند پولیوویروس‌هایی با اندازه ۲۵ نانومتر را از آب حذف نمایند. نانوفیلتراسیون دارای مزایایی مانند قیمت پایین، و کنترل مقدار کاهش آلاینده‌ها در آب

تصفیه شده است.

شرکت آرگوناید (argonide)

نیز در حال استفاده از نانوفیلترهای اکسید آلومینیوم با اندازه دو نانومتر برای تصفیه آب است که می‌توانند ویروس‌ها، باکتری‌ها و کیست‌ها را از بین ببرند.

۳-۲- تصفیه آب به

کمک نانوذرات



نانوذرات لاتانایوم تولیدی شرکت آلتایرنانو (Altairnano) فسفات را از محیط‌های آبی جذب می‌کند. به‌کارگیری این نانوذرات در حوضچه‌ها و استخرهای شنا می‌تواند به طور مؤثری فسفات موجود را از بین برده و در نتیجه از رشد جلبک‌ها جلوگیری نمایند. تحقیقات دانشگاه Lehigh آمریکا نشان می‌دهد که نانوپودرها می‌توانند به عنوان ابزاری مناسب برای پاک‌سازی خاک‌های آلوده و آب‌های زیرزمینی استفاده شوند. نانوذرات آهن موجب اکسیده و درهم شکستگی ترکیبات آلوده‌کننده مانند تری‌کلرواتیلن، تتراکلرید کربن، دیوکسین‌ها و PCBها شده، آنها را به ترکیبات کربنی با درجه سمیت بسیار پایین تبدیل می‌کند.

برای از بین بردن اغلب فلزات سنگین موجود در آب، روش تصفیه کاتالیزوری گزینه مناسبی نیست، بنابراین محققان به جای آن از روش‌های جذب روی پلیمرها و یا ذرات افزودنی استفاده می‌کنند. آرسنیک از آلاینده‌های بسیار سمی رایجی است که هم به طور طبیعی و هم به شکل پساب‌های بشری باعث آلودگی آب می‌شود. مصرف این ماده سبب افزایش سرطان‌های مثانه و روده می‌شود. در سطح جهان آمار مسمومیت با آرسنیک بسیار بالا است و در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مانند بنگلادش که بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد جمعیت آن دچار مسمومیت با آرسنیک شده‌اند، یک فاجعه بهداشتی تلقی می‌شود. اغلب آلاینده‌های ناشی از آرسنیک به کشورهای جهان سوم اختصاص دارد. به این ترتیب نیاز شدیدی به فناوری‌های نوین احساس می‌شود تا بتوان آلاینده‌های فلزی سنگین مانند آرسنیک را از آب آشامیدنی حذف کرد. به همین منظور محققان دانشگاه رایس، از نانوبلورهای مغناطیسی به عنوان هسته اصلی سیستم‌های تصفیه جدید استفاده کرده‌اند.

### ۳-۳- تصفیه پساب‌های صنعتی

پساب‌های صنعتی صنایع شوینده، غنی از اکسیژن بیوشیمیایی و مواد فعال شیمیایی است که باید در فرایندهای تصفیه از آب زدوده شود. یکی دیگر از موادی که در پساب‌های صنعتی فراوان یافت می‌شود مواد نامحلول روغنی شامل روغن‌ها و گریس‌هاست. حضور این مواد فرایند پالایش آب را دچار مشکل می‌کند. یکی از روش‌های اقتصادی برای تصفیه این

مواد، استفاده از سیستم‌های ترکیبی میکروفیلتراسیون- نانوفیلتراسیون است. در این سیستم‌ها از میکروفیلتراسیون برای زدودن ذرات معلق مانند روغن‌ها و گریس‌ها و از نانوفیلتراسیون برای حذف پاک‌کننده‌ها استفاده می‌شود.

### ۳-۴- تصفیه فاضلاب‌ها

محققان دانشگاه UniSA در استرالیا به دنبال توسعه روش منحصر

به فردی برای تصفیه فاضلاب‌ها هستند که بدون استفاده از مواد شیمیایی گران‌قیمت، کیفیت آب را بیشتر از روش‌های موجود بهبود می‌بخشد. آخرین مرحله تصفیه آب، حذف موجودات زنده بسیارریز است. در حال حاضر از کلر به عنوان ماده ضدعفونی‌کننده استفاده می‌شود، ولی در این حالت حتی بعد از تصفیه هم ترکیبات ارگانیک زیادی در آب حضور دارند. کلر موجودات زنده ریز را از آب حذف می‌کند، ولی با آلاینده‌های ارگانیک واکنش داده، محصولات جانبی تجزیه‌ناپذیر و سمی تولید می‌کند که نمی‌توان آنها را از آب حذف کرد. انتقال این مواد به محیط‌زیست و استفاده از آنها در کشاورزی و دیگر صنایع می‌تواند مشکلات بهداشتی جدی ایجاد کند.

تصفیه فاضلاب به کمک نانوکاتالیزور نوری می‌تواند جایگزین سومین مرحله تصفیه یعنی ضدعفونی با کلر شود تا موجودات زنده ریز و ترکیبات آلی را به طور همزمان حذف فاضلاب را به یک منبع آب مناسب تبدیل کند.

### ۴- کاربرد پرتو فرابنفش جهت ضدعفونی منابع آب

و فاضلاب

کاربرد پرتو فرابنفش به عنوان یک روش ضدعفونی‌کننده فیزیکی در تصفیه منابع آب و فاضلاب به طور مستقل و یا به عنوان مکمل سایر روش‌ها از دیرباز مورد توجه بوده است. جدیداً به کمک این پرتو در کنار استفاده از هیدروژن پروکساید برای از بین بردن ترکیبات آلی کلردار نیز استفاده می‌کنند.

کاربرد این پرتو در زمینه‌های زیر می‌باشد.

(الف) ضدعفونی آب آشامیدنی در پایان مراحل تصفیه به عنوان روش اصلی ضدعفونی و پیش از توزیع به شبکه مصرف. در این خصوص تنها دوز کمی از کلر، کلردی‌اکساید یا کلرامین جهت توزیع آب به شبکه مورد نیاز است

(ب) ضدعفونی آب‌های سطحی و چاه، به‌ویژه در مزارع و روستاها به شرطی که کدورت و غلظت ترکیبات آلی و میزان آهن و یونهای نیتريت و نترات آن در حد استاندارد معمول باشد.

(ج) ضدعفونی آبی که در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی، دارویی، الکترونیک و غیره به کار می‌رود.

(د) گندزدایی پساب‌های گوناگون در آخرین مرحله تصفیه

فاضلاب. طرح شماتیک کاربرد پرتو

فرابنفش برای چنین منظوری در شکل (۱) نشان داده شده است.

(ه) ضدعفونی اولیه آب استخرهای شنا به منظور کم کردن میزان کلر به کار برده شده در حد کلر باقی‌مانده.

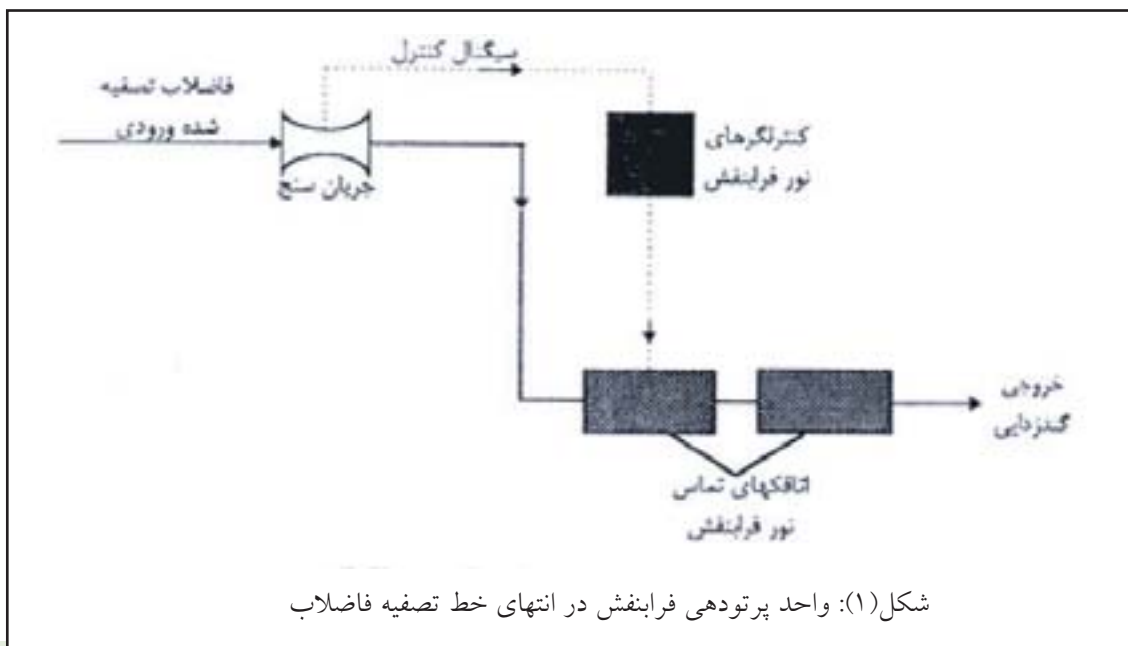
### ۴-۱- معایب کلرنسبت به

### UV برای گندزدایی آب

۱- تنظیم دوز صحیح کلر برای ضدعفونی موثر فقط با دستگاه‌های







مقاوم هستند را مانند *Legionella Pneumophila* و *Pseudomonas Aeroginose* را نیز از بین می‌برد.  
 ۸- دستگاه استهلاک مکانیکی ندارد.  
 ۹- نیازی به نگهداری مواد شیمیایی نیست.

#### ۵- واحد UASB (Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket)

یکی از پیشرفت‌های قابل توجه در تکنولوژی مربوط به سیستم‌های تصفیه بی‌هوازی راکتور UASB می‌باشد که در اواخر دهه ۷۰ میلادی در هلند شکل گرفت. در این فرایند، فاضلاب از انتهای راکتور UASB وارد آن شده و از میان واحد روکش لجن به سمت بالا جریان پیدا می‌کند. اجزای اصلی راکتور UASB سیستم توزیع فاضلاب ورودی، جداکننده فاز گاز از جامد و طرح خروج پساب تصفیه شده می‌باشد. ویژگی اصلی سیستم‌های UASB که به آن این امکان را می‌دهد تا در مقایسه با سایر فرآیندهای بی‌هوازی از فاضلاب با بار COD بسیار بالاتری استفاده کند، تولید لجن به صورت گرانوله می‌باشد. تولید لجن بصورت دانه‌دانه در سیستم‌های UASB به چندماه زمان احتیاج دارد که این زمان را با برخی افزودنی‌ها به آن، می‌توان کاهش داد.

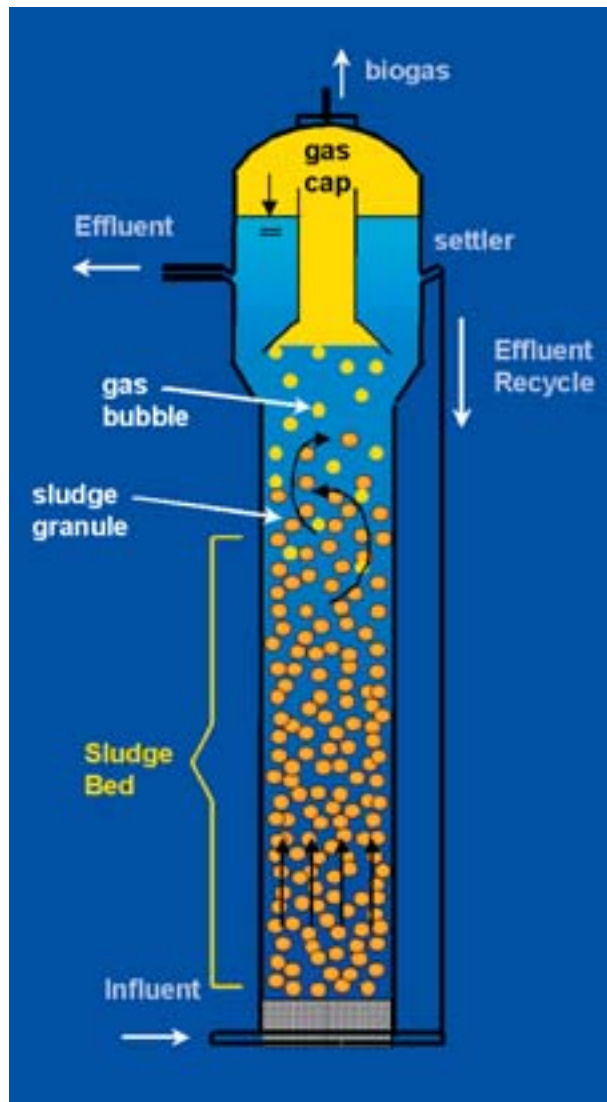
#### نتیجه‌گیری:

هدف از بررسی‌های اجمالی که در این مقاله در مورد تصفیه آب و فاضلاب صورت گرفته، آشنایی بیشتر متخصصین و علاقه‌مندان به این مقوله بوده و مجال برای توضیح و تشریح این روشها نبوده است و سعی شده خواننده را با روشهای متداول و به‌روز جهان آشنا نماید. در گذشته از روش‌های ابتدایی همچون جوشاندن، حرارت دادن و در معرض خورشید قراردادن آب، استفاده می‌کردند.

اندازه‌گیری گران قیمت میسر است.  
 ۲- تاثیر ضد عفونی کننده کلر به میزان PH آب بستگی دارد. کلر در آب با ۸ و ۷ pH به بالا کاملاً بی‌اثر می‌شود.  
 ۳- تاثیر ضد عفونی کلر نیاز به زمان دارد (حداقل نیم ساعت).  
 ۴- کلر با غلظت بالاتر از حد مجاز (۰,۲ mg/lit) سمی و خطرناک است.  
 ۵- کلر ایجاد آلرژی می‌کند.  
 ۶- کلر عناصر مولد سرطان ایجاد می‌کند (هیدروکربورهای کلر).  
 ۷- کلر زنگ‌زدگی را تسریع می‌کند.  
 ۸- کلر محیط زیست را آلوده می‌کند.  
 ۹- کلر نیاز به مراقبت شدید دارد و نشت گاز کلر کشنده است.

#### ۴-۲- خصوصیات سیستم گندزدایی با پرتو فرابنفش (UV)

۱- دستگاه UV مستقیماً در مسیر لوله آب نصب می‌شود. از این نظر نیاز به لوله‌کشی و فضای اضافی ندارد.  
 ۲- سرویس و نگهداری دستگاه بسیار ساده است.  
 ۳- مصرف برق دستگاه بسیار کم است.  
 ۴- طول عمر لامپ‌ها در شرایط عادی مصرف بیشتر از یک سال است.  
 ۵- افت فشار آب در داخل دستگاه قابل اغماض است.  
 ۶- اشعه UV خواص فیزیکی و شیمیایی آب را تغییر نمی‌دهد. از این نظر آب را به مواد شیمیایی آلوده نکرده و بصورت طبیعی حفظ می‌کند. نوشیدن و استحمام در چنین آبی مفرح و لذت‌بخش است.  
 ۷- اشعه فرابنفش عوامل بیماری‌زایی که نسبت به کلر



چشمگیر این روش در کاهش آثار مخرب مواد شیمیایی در محیط زیست و بهداشت جامعه کلاً مقرون به صرفه می‌باشد.

#### منابع و مأخذ:

- ۱- ار شولتز، ک، اوکلن، د، ۱۳۸۳. تصفیه آبهای سطحی در کشورهای در حال توسعه (ترجمه) انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- استیل، ا، ۱۳۶۴. بهسازی شهر و روستا (ترجمه) جلد اول. انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۳- حسینیان؛ سیدمرتضی ۱۳۸۱. اصول طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و پساب صنعتی.
- ۴- شریعت‌پناهی، م، ۱۳۷۸. اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران.

5- K. Park, Environmental Health. In: Park's Textbook of Preventive and Social Medicine, 18th edition, M/s Banarsidas Bhanot Publishers, India, 2005.

6- World Health Organization, Guidelines for Drinking-water Quality Second Edition Volume 1-3 1993.

اما با گذشت زمان و پیشرفت تکنولوژی روش‌های بکار برده شده با استفاده از کلر (در اشکال مختلف) و پرتودهی نیز تغییر کرد.

امروزه روش‌های جدیدتری از جمله نانوفیلتراسیون در تصفیه آب و فاضلاب، واحد UASB در تصفیه فاضلاب ارائه شده است.

باتوجه به مطالعات انجام شده در این مقاله بهترین استراتژی ضدعفونی، روشی است که هیچ نوع ترکیبات آلی جانبی ایجاد نکند و با کارایی بالا باکتری‌ها و ویروس‌ها را از بین برده و موجودات ذره‌بینی موجود در آب را تصفیه نماید و همچنین به مواد شیمیایی باقی‌مانده در خطوط توزیع شبکه نیاز نداشته باشند.

در نتیجه، از میان روش‌های فوق‌الذکر، روش پرتو فرابنفش بعنوان بهترین روش ضدعفونی معرفی شده، زیرا سیستم فوق مزایای خود را در مورد ایمنی و حفاظت محیط زیست به خوبی نشان می‌دهد.

بکارگیری UV در مقایسه با روش‌های دیگر روش بهینه و با ارزش می‌باشد و سرمایه‌گذاری اولیه با توجه به تاثیر