

## مدیریت مصرف انرژی و منابع آب

امیر ودادی - فاطمه کرمی نژاد

چکیده:

مقدمه:

با توجه به واقع شدن ایران در منطقه ای خشک از جهان و تقاضای روزافزون استفاده از منابع آب، ضرورت ایجاد منابع جدیدی برای مصارف ضروری و غیرشرب، دو چندان احساس می شود. این مطلب ارائه دهندگان مقاله را بر آن داشت تا بحث مدیریت صحیح تقاضا را که یکی از موضوعات مطرح جوامع است، مدنظر قرار داده و استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری را به عنوان راهکاری برای این نیاز، که در صورت عدم کنترل به بحرانی جهانی تبدیل خواهد شد، مورد مطالعه قرار دهند. این مقاله با مطالعه بر روی بحث مدیریت مصرف انرژی که یکی از مسائل مهم در مورد صرفه جویی منابع انرژی است، پرداخته است. در ادامه به بررسی پساب تصفیه شده که یکی از مهم ترین شاخص های مدیریت مصرف انرژی می باشد، پرداخته است. سپس به موارد استفاده از آن در فعالیت های صنعتی و غیر صنعتی پرداخته و در نهایت به استفاده از پساب برای برج های خنک کن می پردازد. در این تحقیق مشخص می شود که استفاده از پساب در برج خنک کننده کمک شایانی به صرفه جویی در مصرف آب می کند.

واژه ها کلیدی: آب - پساب - مدیریت مصرف انرژی -

برج خنک کن - صرفه جویی

پس از بحران نفتی در سال های گذشته، مبحث صرفه جویی انرژی در سطح جهان اهمیت خاصی پیدا نمود. به لحاظ کمبود صادرات نفتی از یک طرف و صعود قیمت ها از طرف دیگر، نگرش های جدیدی در خصوص مصرف انرژی شکل گرفت. در این مقاله، نگرش صرفه جویی انرژی بر اساس حفظ و نگهداری صحیح از سیستم ها بهترین راهکار و عکس العمل محسوب میشود، چرا که از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. بررسی دوره ای عملکرد تجهیزات ساختمان ها از نظر مصرف انرژی، جزئی لاینفک دستیابی به صرفه جویی انرژی میباشد. هم اکنون مباحث اقتصادی از کلیدی ترین اجزا برنامه های صرفه جویی انرژی به شمار می آیند. در گذشته دستیابی به صرفه جویی های انرژی با سرمایه گذاری های بسیار ناچیز مقدور بوده است، لیکن در زمان حاضر که اغلب راهکار های بدون هزینه و کم هزینه به اجرا گزرده شده اند، صرفه جویی های بیشتر مستلزم صرفه هزینه های افزون تر نیز می باشد. البته در کشورهای نفت خیز و به عبارتی شاید بتوان گفت کشورهای در حال توسعه که چنین اقداماتی را انجام نداده اند، هنوز فرصت های طلایی زیادی برای صرفه جویی در مصرف انرژی با صرف هزینه های بسیار کم قابل دسترسی است. دفع پساب حاصل از تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از آن، به عنوان یکی از مسائل مهم در طرح های جمع آوری و تصفیه فاضلاب شهری مطرح می باشد. استفاده از فاضلاب تصفیه شده، عامل بسیار با ارزشی است که می تواند با مصرف مجدد نه تنها از آلودگی های محیط بکاهد، بلکه به عنوان منبع جدید آب و منبع مهمی در باروری زمین های کشاورزی، قسمت اعظم نیازهای آبی انسان را برطرف نماید، این در حالی است که تخلیه فاضلاب به محیط زیست باعث

انرژی، افزایش آگاهی، ایجاد فرهنگ صحیح و در نتیجه مدیریت صحیح بر منابع و مصارف انرژی است.

در این میان آب یکی از حیاتی ترین ترکیبات موجود در طبیعت بوده و برای تمامی فعالیت های صنعتی و غیر صنعتی، منبعی اصلی می باشد. که متاسفانه مشکلات بسیار زیادی در رابطه با کمبود آب از جمله کاهش سطح آبهای زیرزمینی، استفاده بیش از حد از آن با توجه به کاهش بارندگی، افزایش روز افزون جمعیت، توزیع غیر یکنواخت منابع آبی و خشکسالی های دوره ای، متخصصین آب و فاضلاب را مجبور کرده که به دنبال منابع جدیدی جهت تامین آب باشند.

برای تامین منابع جدید آب راه حل های زیادی پیشنهاد شده است مانند سد سازی، استفاده از آب های زیرزمینی، نمک زدایی از آب دریا و به طور ویژه، بازیافت آب از پساب تصفیه خانه های فاضلاب به عنوان یکی از راه حل های امیدبخش برای منبع آبی جایگزین در آینده پیشنهاد شده و توجه زیادی را به خود جلب کرده است. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ابداع روش های نوین تصفیه فاضلاب، می توان بخش عمده ای از فاضلاب های بهداشتی را مورد تصفیه قرار داده و پساب حاصله را به سیکل استفاده مجدد بازگرداند.

کاربرد پساب تصفیه خانه های فاضلاب به عنوان یک منبع آب غیر متعارف، یکی از مهمترین ارکان مدیریت منابع آب می باشد. از این رو، ارزیابی پتانسیل تامین آب این گونه منابع غیرمتعارف جایگاه ویژه ای را در برنامه ریزی جامع مدیریتی منابع آب به خود اختصاص می دهد.

محدودیت مصرف آب های طبیعی به علت آلوده شدن آن ها خواهد گردید کاربردهای مختلف پساب نیز به انتخاب فرآیندهای مناسب تصفیه، اعمال مدیریت راهبردی صحیح و رعایت قوانین مقررات زیست محیطی خواهد داشت. هدف از انجام این مطالعه، بحث پیرامون استفاده از پساب در برج های خنک کننده می باشد.

### مدیریت مصرف انرژی:

از آنجاییکه حفظ منابع با ارزش انرژی و مدیریت صحیح مصرف آن، یکی از مهمترین مسائل در دستور کار تمامی کشورهای جهان می باشد. در این رابطه استفاده صحیح و به جا از انرژی عامل تعیین کننده ای در این خصوص بوده، که می بایست چاره ای جهت رویارویی با معضل بی رویه مصرف و در نتیجه کنترل هزینه های انرژی بیاندیشیم.

از مهمترین موضوعاتی که می توان کل چرخه تولید، توزیع تا مصرف انرژی را کنترل و به بهترین نحو از منابع گرانبهای انرژی استفاده نمود، مدیریت انرژی می باشد. امروزه مهترین ابزار جهت رویارویی با مصرف بی رویه و جلوگیری از هدر رفت و به کارگیری از آن به معنای انتخاب الگوی صحیح و سیاست های درست در مصرف انرژی بوده که متضمن بهینه سازی مصرف آن و علاوه بر اینکه موجب رشد اقتصادی می شود، سبب کاهش تخریب منابع انرژی و همچنین کاهش اثرات نا صحیح آن بر محیط زیست و جامعه نیز می گردد.

به عبارت دیگر بهینه سازی انرژی به معنای به کارگیری پیشرفته ترین تکنولوژی ها و استفاده از علوم نوین مدیریت است که تضمین کننده بیشترین بازده با کمترین میزان مصرف انرژی باشند. و به تعبیری دیگر بهینه سازی

زیست ایران ضوابط اعلام شده مطابق با معیارهای سازمان بهداشتی جهانی (WHO) می باشد.

### ۳- فعالیت های صنعتی: به خصوص در بخش

خنک سازی: آب تبرید که برای مصارف برج ها و استخر های تبرید به کار می رود. عمده ترین میزان بازگردانی را در صنعت به خود اختصاص می دهد، در استفاده از پساب جهت خط تولید صنایع مختلف اغلب به دلیل نیاز به آب با کیفیت مطلوب لازم است بسته به شرایط، تصفیه مناسبی انجام شده و پساب حاصله بعد از ارتقا کیفیت به خط تولید بازگردانده شود. مصارف آب در سیستم خنک سازی بیش از ۹۰٪ آب صنعتی را شامل می شود که معمولاً به سه دسته خنک کننده رسوب گذاری و خوردگی از مشکلات اصلی این سیستم ها می باشد و معیار کیفی آن با استفاده از استاندارد EPA ۱۹۹۲ و WPCF ۱۹۸۹ قابل کنترل و سنجش می باشد.

۴- شارژ منابع آب زیرزمینی: این عمل هم از طریق حوضچه های پخش پساب و هم از طریق تزریق مستقیم آب به آبخوان های زیرزمینی انجام می شود.

۵- مصارف تفریحی و زیست محیطی: شامل مصارف غیر آشامیدنی از قبیل ایجاد دریاچه های تفریحی، تفریحات آبی مانند استخر و فواره های آبی، افزایش جریانات سطحی و رودخانه ها و یا تزریق آب به تالاب ها است.

۶- مصارف غیر شرب شهری: مصارفی از قبیل آتش نشانی، تهویه مطبوع، فلاش تانک، آب مورد نیاز جهت ساخت و ساز، آبیاری شست و شوی خیابان، ماشین شویی و نظافت که استفاده

روش تصفیه فاضلاب و نوع سیستم انتخابی جهت بازگردانی و استفاده مجدد از پساب، تابع نوع و کیفیت فاضلاب اولیه و نوع و کیفیت کاربرد پساب بعد از تصفیه می باشد. لذا با توجه به گستردگی روش های تصفیه نوین و نیز کیفیت های بسیار متفاوت فاضلاب های غیر بهداشتی و صنعتی، انتخاب روش تصفیه فاضلاب نیازمند بررسی و مطالعه جامع از وضعیت موجود و تعیین ویژگی های فاضلاب اولیه می باشد.

### موارد استفاده از پساب تصفیه شده:

#### ۱- آبیاری کشاورزی: این مورد در حال حاضر

بیشترین نوع استفاده از پساب تصفیه شده در دنیا می باشد. با توجه به اینکه در کشور ما بیشترین مقدار مصرف آب را مصارف کشاورزی به خود اختصاص می دهد، میتوان با استفاده از روش های استفاده مجدد از پساب، منبع آبی مناسبی را برای این بخش تامین کرد.

#### ۲- آبیاری مناظر طبیعی: شامل آبیاری پارک ها،

فضای سبز محوطه های بیمارستانی، اداری، تجاری، صنعتی و مسکونی که به دلیل گستردگی مساحت این مناطق، آب قابل توجهی صرف این امور می گردد. که می توان از طریق بازگردانی و بازیابی پساب فاضلاب بهداشتی بخش عمده ای از آن را تامین نمود. وجود مواد مغزی در پساب خروجی و تامین بخشی از نیاز خاک و گیاهان در فضای سبز و کاهش هزینه های مربوط به تهیه و استفاده از کودهای شیمیایی موجب می شود آبیاری فضای سبز با پساب تصفیه شده بسیار سودمند باشد. که در این خصوص کنترل کیفی پساب مورد استفاده و ارزیابی مشخصات آن با استاندارد های محیط

می توان، از ممبران اسمز معکوس یا نانوفیلتراسیون بهره برد.

از جمله روش های نوین جهت گندزدایی آب و پساب اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از باریکه الکترون های پر انرژی (پرتودهی) می باشد. که شکل بسیار موثرتر استفاده از انرژی به منظور کاهش ترکیبات سمی و آلی و آلودگی های بیولوژیکی است. هدف اصلی پرتودهی اولاً حذف آلودگی های غیر قابل تجزیه بیولوژیکی از طریق تبدیل آن به ترکیبات معدنی و ترکیبات آلی قابل تجزیه و ثانیاً رفع آلودگی های میکربی ایجاد شده توسط ویروس ها، باکتری ها و غیره است

تابش های یون ساز مانند پرتوهای UV، X و پرتوهای گاما و باریکه های الکترونی از شکل های موثر انرژی هستند که می توانند آلودگی های آلی بیولوژیکی را نابود کنند. روش پرتودهی یا باریکه الکترونی از فناوری های اکسیدکننده پیشرفته جهت تصفیه آب محسوب می شود که در مقایسه با روش های دیگر از کارایی بیشتری برخوردار است.

در این بین، گندزدایی با اشعه گاما گزینه ای جالب برای تصفیه آب، فاضلاب و لجن به صورت مستقیم و در ترکیب با سایر فرایندها به شمار می روند. اشعه گاما از امواج الکترومغناطیسی است که دارای طول موج کوتاه و قدرت نفوذ زیاد است. این روش گندزدایی به صورت تابش اشعه گاما منتشره از ایزوتوپ های ساطع کننده آن به آب و پساب است. قدرت منبع گاما تعیین کننده زمان تماس با اشعه گاما است. برای تولید اشعه گاما می توان از زائادات

مجدد پساب در این جهت حداقل تصفیه ثانویه، فیلتراسیون و در نهایت گندزدایی نیاز دارد.

پساب تصفیه شده اولیه، بسته به کیفیت مورد نیاز، به یک سری عملیات جهت بازیافت کیفیت نیاز دارد. که بسته به نوع کاربری و کیفیت مورد نظر، روش ها و سیستم های مختلفی به کارگرفته می شود.

به نظر می رسد فرایند ممبران عمده ترین فناوری جهت بازیابی آب برای صنایع مختلف مانند نساجی، کودسازی، موتورسازی، کارخانجات شیرینی پزی و دیگر صنایع باشد یکی از امید بخش ترین فناوری بازیابی آب فرایند ترکیبی، تصفیه بیولوژیکی پساب و جداسازی توسط ممبران می باشد. که ممبران بیوراکتور (MBR) نامیده می شود. به فرایند MBR بسیار توجه شده است زیرا نسبت به فرایندهای متداول تصفیه بیولوژیکی پساب دارای مزیت های بیشتری می باشد.

در مقایسه با سیستم لجن فعال فرایند MBR از نظر حذف کامل جامدات از و همچنین مواد آلی و مغزی، قابلیت بالای شدت بارگذاری، تولید کم در حد صفر لجن و نیاز به زمین با مساحت اندک، بهتر می باشد.

در حالتی که لازم باشد آب دارای کیفیت متوسطی استفاده گردد، برای بازیابی آب فقط می توان از فرایند مستقیم MBR توام با ضدعفونی کردن (شامل استفاده کلر، UV یا ازن) استفاده نمود. و چنانچه آب با کیفیت بالاتر مورد نیاز باشد، پس از MBR

ایجاد اختلال در فرایند تبادل حرارتی خواهد شد. ازین رو کنترل سطح آلودگی میکروبی یکی از مهم ترین دغدغه های نگهداری سیستم آب خنک کن به شمار میرود.

متداول ترین روش برای جلوگیری از افزایش میکروارگانیسم ها تزریق بیوسید (Biosid) میباشد. اکثر بیوسیدها سمی بوده ازین رو تولید پساب های خطرناک و سمی میکنند. به کارگیری بیوسیدها هزینه راهبری بالایی داشته و در عین حال مشکلاتی نظیر تامین مواد و عدم دستیابی به راندمان مطلوب در گندزدایی را در پی خواهد داشت.

#### استفاده از ازن در برج های خنک کننده:

تاکنون تلاش های بسیاری در رابطه با رفع مشکل خوردگی و فرسایش قطعات فلزی سیستم های تهویه مطبوع و سرمایشی و گرمایشی (HVAC) انجام گرفته است اما هیچ کدام نتیجه مطلوبی در بر نداشته است زیرا خوردگی و فرسایش قطعات فلزی که با آب در تماس هستند به دلیل تجمع بیولوژیکی میکروارگانیسم های موجود در آب بر روی آن ها می باشد. از روش های نوین مقابله با این معضل استفاده از گندزدایی ازن ( $O_3$ ) می باشد. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایشات بسیار، سیستم های گندزدایی ازن در رفع این مشکل بسیار موثر عمل کرده اند.

رسوبات و لایه های بیولوژیکی که بر روی تجهیزات برج خنک کن قرار گرفته اند ناشی از تجمع میکروارگانیسم های موجود در آب می باشند و موجب ایجاد سه مشکل اساسی می شوند:

گامی موثر در جهت بازیافت مواد زائد رادیواکتیو راکتورها، به شمار می آید.

اسیدهای نوکلئیک اهداف اصلی پرتوافکنی یونیزه است که باعث تخریب مواد ژنتیکی میکروب ها می شود. پرتوافکنی یونیزه به طور مستقیم و یا غیر مستقیم با تولید رادیکال های آزاد میکرو ارگانیسم ها را غر فعال می سازد. پرتو گاما قادر به تخریب میکرب ها و تغییر ساختار آلی است.

#### استفاده از پساب برای برج های خنک کن:

در استفاده از پساب تصفیه شده جهت سیستم های خنک کننده توجه به موارد زیر الزامی است:

- بر روی سطح انتقال حرارت رسوب ایجاد نشود.
- مواد ساختاری تجهیزات دچار خوردگی نشوند.
- آب مورد استفاده حاوی هیچگونه مواد مغذی برای رشد میکروارگانیسم ها نباشد.
- کف زیاد تولید نکند.

استانداردهای مربوط به کیفیت آب جهت بازیابی آب خنک کننده نشان می دهد رسوب گذاری و خوردگی دو عامل مخالف هم هستند. در شرایطی که رسوب ایجاد می شود، خوردگی اتفاق نمی افتد و برعکس. شرایط مربوط به رسوب گذاری و اسیدیته وجود دارد.

یکی از مهم ترین مشکلات در سیستم های آب خنک کن رشد سریع میکروارگانیسم های موجود در آب می باشد. فضای تاریک، کثیف و نسبتا گرم مدارهای انتقال آب همواره محل مناسبی برای رشد میکروارگانیسم ها به شمار می رود. این مهم باعث

مواد جامد محلول می‌تواند بارها و بارها سیرکوله شود که در نتیجه میزان تخلیه آب برج‌های خنک کننده کاهش می‌یابد. زمانی سیستم با چنین خصوصیتی کار می‌کند که ازن با غلظت کمی در آب برج خنک کننده وجود داشته باشد و از تشکیل مجدد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری کند.

#### مزایای استفاده از گندزدایی ازن در برج‌های خنک کن مراکز صنعتی و سیستم‌های تهویه مطبوع:

- کاهش مقدار رسوب بیولوژیکی بر روی تجهیزات در زیر سطح ۱۰۰۰ cfu/ml و افزایش انتقال حرارت در این تجهیزات
- رفع انسداد لوله‌ها
- کاهش استفاده از مواد شیمیایی در فرایند تصفیه آب
- کاهش هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات
- ازن pH آب را تغییر نمی‌دهد (برعکس مواد شیمیایی)
- تاثیر گندزدایی ازن برعکس دیگر گندزداها پایدار است.
- ازن در محل تولید می‌شود و نیازی به جابجایی و حمل و نقل ندارد
- حذف کامل باکتریها در هوای مجاور برجهای خنک کننده هوای ناشی از (Drift Air)
- حذف کامل باکتری رسوبهای مربوط به ذرات معلق در لوله چگالنده
- افزایش تعداد سیرکولاسیون
- حذف کامل مصرف مواد شیمیایی
- افزایش ضریب انتقال حرارت در لوله‌های کاندنسر در نتیجه کاهش تشکیل رسوب
- کاهش مصرف انرژی توسط کمپرسورها بین ۵ تا ۱۸ درصد

- خوردگی و فرسایش پیش از موقع تجهیزات
- ایجاد پوشش عایق بر روی سطح انتقال حرارت
- کاهش قطر لوله‌ها و مجاری باریک داخل برج خنک کن (انسداد لوله‌ها)

آب برج‌های خنک کننده و چیلرها نیاز به تصفیه و درمان وسیعی دارد. در طی تصفیه این آب، باید سه فاکتور مهم خوردگی لوله‌ها و واحدهای تبادل گرمایی، رسوب‌های جدار داخلی لوله‌ها و ضریب تبادل حرارتی و رشد مواد میکرو بیولوژیکی (باکتری، جلبک و خزه-ها) به طور هم زمان کنترل گردد. PH پایین می‌تواند ضریب تبادل حرارتی را زیاد کند اما اشکال اینجاست که در pH های پایین میزان خوردگی مواد افزایش می‌یابد. تکنیک‌های تصفیه مرسوم، استفاده از مواد شیمیایی مثل کلر و هیپوکلریت می‌باشد که خوردگی بیولوژیکی را کاهش می‌دهد. اما به علت داشتن پایداری و قدرت اکسندگی زیاد در آب باعث خوردگی شیمیایی می‌شوند. در این حالت به اشباع رسیدن نمک‌ها تسریع و رسوب گذاری افزایش می‌یابد. در آب برج خنک کننده، تجمع میکروارگانیسم‌ها (بایو فیلم) ایجاد می‌گردد که باعث تشکیل کریستال اولیه یون‌ها و همچنین از توانایی رسوب‌ها برای به هم پیوستن و سنگین شدن جلوگیری می‌کند. در نتیجه غلظت مواد آلی و معدنی در آب زیاد می‌شود و خوردگی را تسریع می‌کند.

ازن به عنوان یک ضدعفونی کننده باعث گسستن بایو فیلم شده و این کار رسوب گذاری را افزایش می‌دهد و حتی آب حاوی

پروژه نمونه شماره ۲:

کاربری	بیمارستانی
مساحت پروژه	۵۴,۰۰۰ m <sup>۲</sup>
میزان تولید فاضلاب بهداشتی	۶۰۰ m <sup>۳</sup> /day
میزان پساب تولیدی	۵۷۰ m <sup>۳</sup> /day
تناژ سرمایی مورد نیاز	۱۷۰۰ تن تبرید
میزان آب مورد نیاز جهت برج خنک کن	۵۱۶ m <sup>۳</sup> /day
مابه التفاوت میزان حق اشتراک آب	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
مازاد هزینه اولیه بر اساس ارتقا تصفیه خانه	۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه های جاری تصفیه خانه (ماهانه)	۳۰۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه مصرف آب (تابستان) در روز	۴,۳۸۶,۰۰۰
بازگشت سرمایه	۴ ساله

بر طبق این آمارگیری مشخص میشود که هزینه مصرف آب به ازای هر متر مکعب ۸,۵۰۰ ریال می باشد که با احتساب هزینه های جاری و اولیه پس از ۴ سال بازگشت سرمایه خواهیم داشت. که این مسئله علاوه بر اهداف مهم مدیریت منابع آب، از نظر مالی نیز می تواند توجیه اقتصادی مناسبی به همراه داشته باشد.

• کاهش فوق العاده میزان زیر آب ( Blow Down )

حال در اینجا به بررسی فنی و ریالی دو پروژه نمونه با کاربری های متفاوت که بر روی استفاده از پساب در برج خنک می باشد، پرداخته است.

پروژه نمونه شماره ۱:

کاربری	اداری
مساحت پروژه	۱۰,۰۰۰ m <sup>۲</sup>
میزان تولید فاضلاب بهداشتی	۱۰۰ m <sup>۳</sup> /day
میزان پساب تولیدی	۹۵ m <sup>۳</sup> /day
تناژ سرمایی مورد نیاز	۳۰۰ تن تبرید
میزان آب مورد نیاز جهت برج خنک کن	۹۰ m <sup>۳</sup> /day
مابه التفاوت میزان حق اشتراک آب	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
مازاد هزینه اولیه بر اساس ارتقا تصفیه خانه	۲,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه های جاری تصفیه خانه (ماهانه)	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰
هزینه مصرف آب (تابستان) در روز	۷۶۵,۰۰۰
بازگشت سرمایه	۴ ساله

نتیجه گیری:

- منابع:
- رساله پیش رو، به بررسی مدیریت مصرف انرژی که از مهم ترین مسائل در دستورکار تمامی کشورهای جهان می باشد، پرداخته است.
- یکی از مهمترین مسائلی که در بحث بهینه سازی مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفته، استفاده از پساب برای صرفه جویی در مصرف آب و بهینه سازی آن می باشد.
- از روش تصفیه فاضلاب به منظور استفاده در آبیاری کشاورزی، آبیاری مناظر طبیعی، فعالیت های صنعتی و ... می توان بهره جست.
- از روش های تولید پساب می توان به ممبران، ممبران بیوراکتور (MBR)، ممبران اسمز معکوس، استفاده از تابش های یون ساز مانند پرتوهای UV، X، پرتوهای گاما، باریکه های الکترونی و ... نام برد.
- یکی از کاربردهای اساسی پساب، استفاده در برج های خنک کن می باشد. که برای این کار از طریق تزریق بیوسید و ازن، فاضلاب را تصفیه نموده و سپس جهت برج های خنک کن استفاده می کنند.
- ۱- گندزدایی آب تصفیه خانه آب و پساب تصفیه خانه فاضلاب اصفهان با اشعه گاما  
حسن هاشمی و همکاران
- ۲- تصفیه پساب و استفاده مجدد از آن در برج های خنک کن در تاسیسات تولید برق به روش هسته ای در Palo Verde  
حسن رزاقی - عادل علاف صالحی
- ۳- روش نوین اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از باریکه الکترون های پر انرژی برای گندزدایی آب و پساب  
عباس بهجت و همکاران