# تحلیلی از کاربرد تصفیه فیزیکی وشیمیائی دراستفاده از فاضلاب تصفیه شده درایران

نوشتهٔ :

**دکتر پرویز ثمر*** **مهندس پرویز شفیعی****

**چکیده :**

پیشرفتهای اقتصادی و اجتماعی کشورهای صنعتی ایجاب نموده است تا این جوامع در حفظ و حراست محیط زیست بیش‌از پیش بکوشند و بمنظور جلوگیری از آلودگی منابع آب و بالاخره استفاده معقول ازاین منابع روشهای پیشرفته‌ای رابرای تصفیه فاضلاب بکارگیرند(۱).تصفیه فاضلاب درمراحل مختلف وبا روشهای بیولوژیکی، فیزیکی وشیمیائی ویا ترکیبی ازآنها امکان‌پذیر میباشد. معمولا تصفیه مرحله اول راتصفیه فیزیکی مانند ته‌نشینی، تصفیه مرحله دوم راتصفیه بیولوژیکی وتصفیه مرحله سوم راتصفیه فیزیکی وشیمیائی تشکیل میدهد. کاربرد تصفیه فیزیکی وشیمائی بصورت مرحله سوم بخصوص ازنظر استفاده ازفاضلاب تصفیه شده شهری که یکی ازمهمترین راه حلهای کمبود آب موردنیاز درمناطق خشک ونیمه‌خشک مانند ایران است ازاهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲ تا ۹).

بطورکلی استفاده ازفاضلاب تصفیه شده واجد جنبه‌های بهداشتی، فنی واقتصادی خاصی است وبایستی به همه این جنبه‌ها بهای کافی داده شود. اهمیت ویژه این پژوهش دربدست آوردن ضوابطی برای برای تصفیه فاضلاب شهری ایران بمنظور ایجاد تغییرات کیفی درپساب برای استفاده‌های گوناگون است و بدون تردید دست آوردهائی ازاین قبیل درهرگونه سیستم آنالیز بمنظور استفاده ازفاضلاب تصفیه شده از ـ اطلاعات ذیقیمت خواهد بود.

**هدف تحقیق:**

هدف ازاین پروهش تحلیلی از کاربرد تصفیه فیزیکی وشیمیائی شامل برانعقاد با آلوم ته‌نشینی وجذب بااستفاده از کربن فعال پودر شده بصورت تصفیه مرحله سوم در ارتباط بااستفاده مجدد از فاضلاب شهری در ایران است .

---

* استادیارگروه بهداشت محیط ، واحد بهسازی محیط ، دانشکده بهداشت ، دانشگاه تهران.

** کارشناس گروه برنامه‌ریزی منابع آب و محیط زیست ، مرکز برنامه‌ریزی آمایش سرزمین ، سازمان برنامه وبودجه.

## روش تحقیق ونحوه اجرای آن:

دراین تحقیق از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اصفهان استفاده شده است زیرا اصفهان دارای شبکه جمع‌آوری‌فاضلاب‌شهری است‌وتصفیه‌خانه‌فاضلاب‌این‌شهر دارای‌سیستم بیولوژیکی‌بااستفاده از روش‌صافی‌های چکنده (Trickling Filter) میباشد.

نمونه برداری در ظروف پلاستیکی پلی‌اتیلنی به‌حجم چهار لیتر ازمحل دفع‌نهائی پساب‌تصفیه‌خانه قبل‌از مرحله کلرزنی انجام گرفت.نمونه ها در ظرفهای محتوی یخ جهت آزمایش به‌تهران حمل گردیـــد . کلیه آزمایشات در آزمایشگاه بهسازی محیط‌دانشکده بهداشت و انستیتوتحقیقات بهداشتی بااستفاده از روشهای مندرج در «Standard Methods» (۱۰)در مراحل ذیل انجام یافت:

### ۱ـ تعیین مناسبترین PH

دراین مرحله PH نمونه‌ها بااستفاده از محلولهای رقیق سود سوزآور واسید سولفوریک به PH های مورد نظر تغییر داده شدسپس در بشرهای ۱۲۰۰ میلی‌لیتری آزمایش جار (۱۱) برای بدست آوردن مناسبترین PH انجام گردید ومناسبترین PH براساس راندمان حذف تیرگی انتخاب شد .

### ۲ـتعیین مناسبترین مقدار آلوم

PH نمونه‌ها به‌مناسبترین PH تعیین شده درقسمت‌قبل تغییر داده شد و سپس بکمک آزمایش جار باافزودن مقادیر مختلف آلوم به‌نمونه‌ها وبااندازه‌گیری غلظت پارامترهای تیرگی اکسیژن مورد نیـــاز شیمیائی و PH پساب،مناسبترین غلظت آلوم تعیین گردید .

### ۳ـ مناسبترین مقدارکربن فعال پودر شده

PH نمونه‌هابه مناسبترین PH تعیین شده تغییرداده شد وسپس مناسبترین مقدارآلوم‌بدست آمده‌در قسمت (۲) به‌آنها اضافه گشت.همزمان بااضافه نمودن آلوم مقادیر مختلف کربن فعال پودرشده نیزبـــه نمونه‌ها افزوده شد وآزمایش جار انجام یافت.بابررسی‌راندمان حذف‌تیرگی،اکسیژن مورد نیازشیمیائی، PH پساب وباقی ماندن ذرات‌کربن در پساب مناسبترین مقدار کربن فعال تعیین گردید.نظربااینکه صاف‌کردن پساب برای گرفتن ذرات شناورکربن‌فعال باقی مانده دراین تحقیق مطرح نمیباشد لذا مناسبترین مقدار کربن فعال مقداری‌است‌که کلیه ذرات‌کربن در لخته‌های حاصل از عمل انعقاد محصورگشته وباعمل ته‌نشینی از نمونه‌ها جدا میشوند .

درآزمایشات جار عمل اختلاط سریع با ۸۰ دور در دقیقه وعمل انعقاد با ۲۰ دور در دقیقه انجام یافته تا گرادیان کافی برای عمل انعقاد بدست آید.مدت ته‌نشینی ۱۵ دقیقه بوده است .

## نتایج آزمایشگاهی

نتایج حاصل از مراحل مختلف آنمایشات جار در جدول (۱) خلاصه شده است.این آنمایشـــات برای اطمینان کافی جمعاً ۱۹ بار تکرار شده حدود هرپارامترومیانگین‌آن مشخص گردیده است.چنانچه‌ملاحظه

میشود میانگین نیازاکسیژن شیمیائی پساب تصفیه‌خانه بیولوژیکی فاضلاب اصفهان ۱۸۳ میلیگرم در لیتر است. باتوجه باینکه غلظت این پارامتر درفاضلاب‌شهری خام درحدود ۳۰۰ میلیگرم درلیتر میباشد راندمان تصفیه‌خانه اصفهان در حذف مواد آلی در حدود ٤٠ درصد بدست‌میاید که‌برای تصفیه مرحله دوم راندمان بسیار نامطلوبی‌است.

در آزمایشات تعیین مناسبترین PH ، PH ها از ٤ تا ۹ تغییر داده‌شده ومناسبترین PH بین ۷ تا ۹ متغیربوده است که‌درمیان ۱۹ آزمایش ۱۲ بار PH هفت مناسبترین تشخیص داده شده و بدین سبب مناسبترین PH رامیتوان ۷ فرض نمود. چون PH پساب مرحله دوم دارای میانگین ۷/٤ است بنابراین تصفیه فیزیکی وشیمیائی این پساب به میزان نمودن PH نیازی نخواهد داشت و این خود از نظر اقتصادی حائزاهمیت‌شایان توجهی‌است.

مقدار آلوم بکار رفته درآزمایشات جار از ۱۰ تا ۳۵ میلیگرم درلیتر ومناسبترین غلظت آلوم در مناسبترین PH ۵ر۱۰ تا ۳۰ بامیانگین ۲۶ میلیگرم در لیتر بدست آمده است.

در تعیین مناسبترین مقدار کربن فعال پودر شده چنانچه ذکرگردید به مسئله باقی ماندن ذرات کربن پس‌از عمل ته نشینی توجه کامل‌شده وبدین سبب مناسبترین مقدار کربن فعال طیف وسیعی‌را تشکیل میدهد. این مقادیر دارای حدودی برابر ۲۰ تا ۲۵۰ومیانگینی معادل ۷۵ میلیگرم در لیتر میباشد. بدین ترتیب میتوان فرض نمود ۷۵میلیگرم در لیترکربن فعال پودر شده توام باعمل انعقاد پس‌از ته نشینی‌بطور کامل از فاضلاب‌جدا خواهد گردید و استفاده از مقادیری بیشتراز این مقدارامکان میدهدقسمتی از کربن فعال مصرف‌شده در پساب باقی بماند و در اینصورت استفاده از صافی اجتناب ناپذیرخواهد بود.

درصد تصفیه‌حاصل‌از مراحل مختلف برای‌دو پارامتر تیرگی‌و اکسیژن مورد نیاز شیمیائی (COD) همراه با PH پساب در جدول(۲)خلاصه شده است. میانگین راندمان‌عمل‌تصفیه در انعقاد باآلوم‌وته‌نشینی برای C.O.D وتیرگی به ترتیب ۹۲و۷۸ درصد بدست‌آمده است وبدین ترتیب معلوم میگردد قسمت اعظم موادآلی موجود در نمونه‌ها بصورت مواد جامدشناورهستند که باعمل‌انعقاد وته‌نشینی‌از نمونه‌جدا میگردند.

**جدول ۱ـ نتایج حاصل از آزمایش جار درمراحل مختلف**

| آزمایشات | حدود | حدود مناسبترین | میانگین |
|---|---|---|---|
| غلظت نمونه خام : | | | |
| — PH | ۷ر۶ — ۲ر۷ | — | ۷ر٤ |
| — تیرگی (J. T. U) | ۸۵ — ۷۲ | — | ۷۶ |
| — مواد جامد معلق (mg/l) | ۱۱۰ — ۶۱ | — | ۸۱ |
| — نیاز اکسیژن‌شیمیائی(mg/l) | ۲۳۸ — ۱٤٤ | — | ۱۸۳ |
| مناسبترین PH | ۹ — ٤ | ۹ — ۷ | ۷ |
| مناسبترین مقدار آلوم (mg/l) | ۳۵ — ۱۰ | ۳۰ — ۱۵ | ۲۶ |
| مناسبترین مقدار کربن فعال (mg/l) | ۵۰۰ — ۵ | ۲۵۰ — ۲۰ | ۷۵ |

## جدول (۲) درصد تصفیه حاصل از مراحل مختلف وکیفیت پساب نهائی

| شماره آزمایش | درصد تصفیه درانعقاد با آلوم | | | درصد تصفیه با آلوم وکربن فعال پودر شده | | | غلظت پساب پس‌از تصفیه با آلوم وکربن فعال | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pH پساب | تیرگی J.T.U. | C.O.D. میلیگرم‌درلیتر | pH پساب | تیرگی J.T.U. | C.O.D. میلیگرم‌درلیتر | pH پساب | تیرگی J.T.U. | C.O.D. میلیگرم‌درلیتر |
| ۱ | ۷ | ۹۵ | ۸۰ | ۷ | ۹۹ | ۸۷ | ۷ | ۱ر۰ | ۲۴ |
| ۲ | ۷ | ۹۲ | ۹۸ | ۷ | ۹۹ | ۹۲ | ۷ | ۰ر۹ | ۱۶ |
| ۳ | ۷ | ۷۸ | ۵۹ | ۷ | ۹۹ | ۸۸ | ۷ | ۰ر۹ | ۲۲ |
| ٤ | ٦ | ۹۲ | ٦۸ | ٦ | ۹۸ | ۸۸ | ٦ | ۱ر۱ | ۲۰ |
| ۵ | ۷ | ۷٦ | ۹۷ | ۷ | ۹۸ | ۷۵ | ۷ | ۱ر۳ | ٤۰ |
| ٦ | ٦ | ۹٦ | ۷۸ | ٦ | ۹۹ | ۸٦ | ٦ | ۱ر۱ | ۳۰ |
| ۷ | ۹ | ۹۹ | ۸۳ | ۹ | ۹۹ | ۹۱ | ۹ | ۱ر۰ | ۱۸ |
| ۸ | ٦ | ۷۹ | ۹۰ | ٦ | ۹۸ | ۸۸ | ٦ | ۱ر۲ | ۲۲ |
| ۹ | ۷ | ۹۹ | ۸۵ | ۷ | ۹۹ | ۹٦ | ۷ | ۱ر۰ | ٦ |
| ۱۰ | ۷ | ۷۸ | ۸۱ | ۷ | ۹۷ | ۹۰ | ۷ | ۱ر۰ | ۱۸ |
| ۱۱ | ۷ | ۹٤ | ۸۹ | ۷ | ۹۹ | ۹۰ | ۷ | ۱ر۱ | ۲۱ |
| ۱۲ | ۷ | ۹۷ | ٦۱ | ۷ | ۹۹ | ۹۱ | ۷ | ۰ر۹ | ۱۷ |
| ۱۳ | ۹ | ۹٦ | ۸۱ | ۹ | ۹۹ | ۹٦ | ۹ | ۱ر۱ | ۹ |
| ۱٤ | ۷ | ۹٦ | ۸۳ | ۷ | ۹۹ | ۹٤ | ۷ | ۱ر۱ | ۱٤ |
| ۱۵ | ۷ | ۹۷ | ۷۷ | ۷ | ۹۸ | ۸٦ | ۷ | ۱ر٤ | ۲۴ |
| ۱٦ | ۷ | ۹۵ | ۷۱ | ۷ | ۹۸ | ۹۰ | ۷ | ۱ر۳ | ۱۸ |
| ۱۷ | ۷ | ۹۷ | ٦۸ | ۷ | ۹۸ | ۸۲ | ۷ | ۱ر۳ | ۲۷ |
| ۱۸ | ۸ | ۹٦ | ۷۰ | ۷ | ۹۸ | ۸٤ | ۸ | ۱ر۷ | ۲۳ |
| ۱۹ | ۸ | ۸۱ | ۵۷ | ۷ | ۹۸ | ۸۹ | ۷ | ۱ر٦ | ۳۰ |
| میانگین | ۷ | ۹۲ | ۷۸ | ۷ | ۹۸ | ۸۸ | ۷ | ۱ر۲ | ۲۱ |

PH پساب دراین مرحله بین ٦ تا ۹ بامیانگین ۷ میباشد. میانگین راندمان عمل تصفیه درانعقاد باآلوم وکربن فعال پودرشده و ته‌نشینی برای دوپارامتر تیرگی C.O.D. بترتیب به ۹۸ و ۸۸ درصد افزایش یافته است. ازدیاد راندمان برای این پارامترها به‌سبب جذب مواد آلی برروی ذرات کربن فعال‌پودر شده تشخیص داده میشود. میانگین غلیظت C.O.D وتیرگی در پساب نهائی بترتیب برابر ۲۱ میلیگرم درلیتر و۱/۲ واحد ترگی جکسون بدست آمده است .

### تجزیه تحلیل نتایج با توجه به‌استفاده مجدد از پساب

استفاده از فاضلاب تصفیه شده در برخی‌از مناطق‌خشک ونیمه خشک جهان بعنوان یکی از راه

حل های رفع کمبود آب تلقی گشته ومعمولا در آبیاری، برجهای خنک کننده، فرآیند تولیدات صنعتی، دیگهای بخار، دریاچه های تفریحی، حوضچه های پرورش ماهی وبالاخره استفاده های متنوع شهری کاربرد داشته است. برای مثال نتیجه یک بررسی در ایالات متحده امریکا در جدول (۳) وکیفیت برخی از پارامترهای مهم در پساب قابل استفاده در موارد یادشده درجدول (٤) ذکر گردیده است . این پارامترهابرای بعضی از کاربردها امروزه تاحدود زیادی مشخص شده ودر برخی بالنسبه کمتر وبالاخره در پاره‌ای مواردبعلت کمی موارد استعمال قابل اطمینان نمیباشد .

در جدول (۱) کیفیت فاضلاب تصفیه‌خانه اصفهان پس از انجام تصفیه مرحله دوم ویا تصفیه بیولوژیکی نشان داده شده‌است. چنانچه ملاحظه میگردد این پساب قبل از تصفیه فیزیکی وشیمیائی حاوی مقادیر معتنابهی مواد آلی است ( ۱۸۳ میلیگرم C.O.D ) واز حد معمول این پارامتر ( ۱۳۰ میلیگرم برای استفاده‌های کشاورزی فراتر رفته‌است. بنابراین کاربرد این پساب جهت آبیاری بدون استفاده از تصفیه مرحله سوم مقدور نمیباشد. خصوصاً اینکه زیادی موادآلی در رشد مجدد باکتریها پس از مرحله کلرزنی نقش اساسی داشته وباتوجه به‌جنبه‌های اپید میولوژیک مشکلاتی را دربرخواهد داشت.

کاهش موادآلی درحدی که بتوان ازاین فاضلاب تصفیه‌شده برای برجهای خنک کننده استفاده نمود منوط به کاربرد متدهای دیگری مانند جذب کربن دانه‌ای است ولی میزان موادجامد معلق درحدی است که برای کلیه مصارف مندرج در جدول (٤) قابل قبول تلقی میگردد. بدون تردید راندمان حذف طیف وسیعتری از پارامترها در تصفیه فیزیکی وشیمیائی مورد بحث برای نتیجه گیری کلی در مورد هرگونه استفاده مجدد ضروری است وبایستی در تحقیقات آینده دراین زمینه در نظر گرفته‌شود .

## نتایج نهائی

بطورکلی میتوان ازاین پژوهش چنین نتیجه گیری نمود:

۱ـ قسمت اعظم مواد ایجاد کننده تیرگی وبار آلی در پساب حاصل از تصفیه بیولوژیکی فاضلاب

**جدول شماره (۳) استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای مصارف مختلف درایالات متحده آمریکا درسال ۱۹۷۱ (۱۲)**

| نوع استفاده از فاضلاب تصفیه شده | حجم مصرف شده (میلیون گالن) | درصد ازکل |
|---|---|---|
| آبیاری | ۷۷ | ۵۸ر۳۳ |
| صنایع | ۵۳ر۵ | ٤۰ر۵۲ |
| اماکن تفریحی | ۱ر۵ | ۱ر۱٤ |
| مصارف متنوع شهری | ۰ر۰۱ | ۰ر۰۱ |
| جمع | ۱۳۲ر۰۱ | ۱۰۰ر۰۰ |

خانگی را مواد معلق کلوئیدی ویامواد معلق قابل ته‌نشینی تشکیل میدهند .

۲- تصفیه‌فیزیکی وشیمیائی شامل بر انعقاد باآلوم وته نشینی قادر به حذف ۹۲ درصد تیرگی و ۷۸ درصد COD درپساب تصفیه بیولوژیکی فاضلاب خانگی است .

۳-استفاده از کربن فعال پودرشده بمیزان ۷۵میلی گرم در لیتر توام باآلوم درعمل انعقاد هیچگونه اثر سوئی نخواهد داشت بلکه موجب‌ازدیاد راندمان حذف تیرگی‌به۹۸ درصد و COD به۸۸درصد خواهد گردید .

٤-تصفیه فیزیکی وشیمیائی شامل برانعقاد با آلوم،استفاده از کربن فعال‌پودر شده توام باآلوم و ته‌نشینی جهت بهبود کیفیت پساب تصفیه بیولوژیکی بمنظور کاربرد مجدد فاضلاب روشی مناسب و عملی است.

**جدول شماره (٤) حد متعارف برخی از پارامترهای پساب جهت استفاده درموارد زیر (۱۲)**

| نوع استفاده از فاضلاب تصفیه شده | B. O. D. | | مواد جامد معلق | | کل مواد جامد محلول | | سختی کل برحسب $CaCO_3$ | | pH | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | حد | میانگین | حد | میانگین | حد | میانگین | حد | میانگین | حد | میانگین |
| آبیاری | ۱۹ — ۱۸۰ | ۸٦ | ۲٦ — ۹٤ | ٥۷ | ٦۰۱ — ۸٥٤ | ۷٤۱ | — | — | ۷ر۲ — ۷ر۷ | ۷ر٥ |
| برجهای خنک‌کننده | ۲ — ۳۰ | ۱٤ | ۲ — ۳۰ | ۱٦ | ٥۰۰ — ۱٥۰۰ | ۸٦٦ | — | — | — | — |
| درپاچه های تفریحی | ۱ر۹ — ٦ر٦ | ٤ر۲ | ۳ر٤ — ۳۲ | ۱۷ر۷ | ۱۲۰ — ۱٦۰۰ | ٦۲۰ | ٦۸ — ٤۰۰ | ۱۲۳ | ٦ر۱ — ۸ر٦ | ۸ر٦ |
| دیگهای بخار | — | — | — | — | ۰ — ۱۰۰۰ | ۳٦۱ | ۰ — ۲ | ۰ر٥ | — | — |

**توضیح : واحد تمام پاراسترها باستثنای pH میلیگرم درلیتر میباشد.**

## منابع


1. Bar Kochara, J. , « Reuse and Recycling of Wastewater as a Source of Water Supply » , Israel Eco. Soc. Tel Awiv, April 1973.
2. Besik, F.K., « The Economics of Closed Water Waste Treatment System » , Water Poll. Cont. June 1971.
3. Besik, F. K. , « Reclamation of Potable Water from Domestic Sewage » Water Poll. Cont. April 1971.
4. Cillee , G.G. , « The Reclamation of Sewage Effluent for Domestic Use » , Proceeding of 3rd Int. Conf. , Munich , Germany, 1966.
5. Eckenfelder , W . W . and L . K . Cecil , « Application of New Concept of Physical - Chemical Wastewater Treatment », New York , Pergamon Press Inc. , 1972.
6. Horsefild , D.R. , « Factors in Regional Assessment of Wastewater Reuse » , Jour. AWWA, April 1974.
7. Hyndshaw, A.Y., « Activated Carbon to Remove Orgainic Contaminants from Water » , Jour. AWWA., May 1972.
8. Long, W.N. and F.A. Bell, « Health Factors and Reuse Water», Jour. AWWA. April 1972.
9. Shoual, H.I., « Health Factors in the Reuse of Wastewater for Agricultural, Industrial, and Municipal Purpose», WHO Public Health Papers No.38, 1969.
10. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13 th ed. , New York, N.Y., Amer. Pub. Health Assn.,
11. Tekippe , R. J. and R.K. Ham , « Coagulation Testing : a Comparison of Techniques » , Jour. AWWA. , Sept. 1970.
12. Sehmidt, C. J. , I. Kugecman, and E.V. Clements, « Municipal Wasewater Reuse in the U.S. » Jour. Water Poll. Cont. Fed. , September 1975.