

رویکرد جدید زیست محیطی در تصفیه آب و پساب صنعتی با استفاده از سامانه

ترکیبی بیولوژیکی، فیلتراسیون جذب سطحی-تبادل یونی

(مطالعه موردی: نیروگاه نیشابور)

بابک مهرآوران^{۱*}

Babak_mehravarani@yahoo.com

حسین انصاری^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: سامانه ترکیبی بیولوژیک، جذب سطحی، تبادل یونی یک فرآیند جدید در عملیات تصفیه آب و پساب بوده که در آن با استفاده از فرآیند جذب سطحی در بسترهای شن سیلیسی و کربن اکتیو و نیز فرآیند تبادل یونی در بستررزینی (رزین های ژل تراوا) آلاینده های موجود در پساب ها به گونه ای کاهش یافته که قابلیت استفاده مجدد را داشته باشند. در این تحقیق عملکرد سیستم یاد شده در تصفیه پساب نیروگاه نیشابور مورد بررسی قرار گرفته است.

روش بررسی: در این تحقیق بررسی تاثیر شارهای جریان مختلف بر روی درصد حذف TS و COD در فیلترسیلیسی با نسبت های مختلف از شن سیلیسی ریز و درشت و نیز مقایسه درصد حذف یون های سدیم و کلسیم در شارهای مختلف بین رزین های شاخص (ژل تراوا) و معمولی در تصفیه پساب فاضلاب بهداشتی و پساب کلین درین نیروگاه نیشابور انجام پذیرفت.

یافته ها: میزان یون سدیم از ۱۲۵۰ میلی گرم در لیتر به ۱/۹ کاهش یافته و میزان COD از ۴۱۱ میلی گرم در لیتر به صفر کاهش یافته است. میزان کندانکتیویته از ۲۱۸۰ میکروزیمنس به ۵۶۰ میکروزیمنس کاهش یافته است. نتایج آزمایش ها بیانگر آن می باشد که این سیستم قابلیت حذف یون سدیم حتی تا ۹۹/۶٪ را نیز دارد.

بحث و نتیجه گیری: استفاده از فن آوری بیولوژیک، جذب سطحی-تبادل یونی دارای توانایی بالایی برای حجم وسیعی از عملیات تصفیه پساب بوده و علاوه بر آن دارای ارزش اقتصادی بالایی نیز می باشد، در نیروگاه ها با استفاده از این سامانه ترکیبی می توان پساب کلین درین (پساب ناشی از درین بویلرها و بلودان بویلرها) را با خلوص بالایی به چرخه آب مصرفی نیروگاه وارد کرد.

واژه های کلیدی: بسترشن سیلیسی، فیلتر کربن اکتیو، فیلتر رزینی، سامانه ترکیبی.

۱- (مسوول مکاتبات): دانشجوی دکتری مهندسی آب-سازه های آبی، پردیس بین الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

**A novel environmental approach in water and industrial
wastewater treatment using a combined biological,
adsorption exchange filtration hybrid system
(Case study: Neyshabur Power Plant)**

Babak Mehravaran ^{1*}

Babak_mehravaran@yahoo.com

Hossein Ansari ²

Abstract

Background and Objective: The hybrid biological, adsorption-ion exchange system is a newly developed process for water and wastewater treatment operations, in which the adsorption process in active carbon and silica sand beds and the ion-exchange process in resin beds (index resins) are used in combination in order to reduce contamination to acceptable levels suitable for reuse. In this study, performance of the mentioned system in wastewater treatment in Neyshabour Power Plant has been investigated.

Method: In this study, the effect of various flow fluxes on TS and COD removal via silica filter at various ratios of silica sand (coarse and fine grades), as well as comparison of sodium and calcium ions removal via ordinary and index resins at different fluxes for sanitary and clean drain wastewater treatment in Neyshabour Power Plant have been studied.

Findings: There was a decline in sodium ion level from 1250 mg/lit to 1.9 mg/lit and in COD level from 411 mg/lit to zero. Also, conductivity was reduced from 2180 μ S/cm to 560 μ S/cm. The system demonstrated the capability for the removal of sodium ion up to 99.6%.

Conclusion: The biological, adsorption-ion exchange technology has a high potential for processing a large volume of wastewater as well as generating a high economic value. This hybrid system can be used to return the clean drain wastewater (wastewater from drain boilers and blow down boilers) with high purity to water cycle in power plants.

Keywords: Silica sand bed, activated carbon filter, resin filter, hybrid system.

1- PhD Student in Water Engineering, Hydraulic Structures, International Campus, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. * (Corresponding Author)

2- Associate Professor, Water Engineering Group, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

مقدمه

در سال های اخیر به دلیل رشد جمعیت و توسعه شهر نشینی، صنعت و کشاورزی، مصرف سرانه آب و به تبع آن تولید پساب های صنعتی افزایش چشمگیری یافته است. به همین دلیل استفاده از پساب تصفیه شده به عنوان یک منبع آب پایدار بیش از پیش مورد توجه مدیران صنعت آب و نیروگاهی کشور قرار گرفته است. امروزه به دلیل وجود آلودگی های طبیعی و مصنوعی آب، کیفیت آب مناسب همواره رو به کاهش بوده و افزایش تقاضا برای آب با کیفیت بالا توجیه اقتصادی لازم را برای ایجاد فن آوری های مدرن و ارزان قیمت جهت تصفیه آب و پساب صنعتی فراهم کرده است. استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی و صنعت، مزایای متعددی از قبیل فراهم نمودن یک منبع آب ارزان و دائمی، کاهش هزینه های تصفیه، آزادسازی بخشی از منابع آب با کیفیت خوب برای سایر مصارف و کاهش اثرات زیست محیطی دفع پساب به منابع آبی را به دنبال دارد (۲۰۱). استفاده از پساب تصفیه شده در کشاورزی و صنعت، پرسابقه ترین روش استفاده مجدد از پساب است. بخش کشاورزی و فضای سبز با توجه به مصرف بالای آب دارای بزرگ ترین پتانسیل برای استفاده مجدد پساب تصفیه شده است. از فاضلاب شهری با جمعیت یک میلیون نفر، بعد از تصفیه، می توان برای آبیاری ۱۵۰۰ تا ۳۵۰۰ هکتار زمین استفاده نمود. کشور ما به دلیل کم بودن ریزش های موجود و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی آن، در زمره کشورهای خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد. مطالعات و بررسی ها نشان می دهد که پتانسیل منابع آب تجدید شونده کشور حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است. از طرفی بررسی ها نشان می دهد که بر مبنای رشد فعلی جمعیت، نیاز کشور در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۲۶ میلیارد مترمکعب و در سال ۱۴۰۰، رقمی معادل ۱۵۰ میلیارد مترمکعب خواهد بود که ۱۵٪ از حجم آب قابل استحصال و منابع آب تجدیدپذیر بیش تر است. در حال حاضر بر روی اغلب عملیات و فرآیندهای واحدهای مورد استفاده در تصفیه فاضلاب ها و پساب های صنعتی تحقیقات وسیع و پیوسته ای از دیدگاه کاربرد و اجرا صورت می گیرد. در نتیجه، تغییرات فراوان در

فرآیندهای ایجاد شده و فرآیندها و عملیات جدیدی به کار گرفته می شوند و سیستم های تصفیه و فن آوری های نوینی از جمله در استفاده از پساب های نیروگاه ها ابداع می گردند. از جمله آلاینده های موجود در نیروگاه ها مواد آلی و بیماری زایی هستند که از پساب های تعمیراتی، سرویس های بهداشتی و رستوران ها ایجاد شده و باعث آلودگی محیط زیست و تغییرات فیزیکی - شیمیایی و حرارتی در آب های پذیرنده می شود. این گونه فاضلاب ها جزء فاضلاب های پر املاح محسوب می شوند که باعث افزایش مواد جامد در آب های پذیرنده، رشد جلبک، خوردگی آب های پذیرنده، ایجاد گازهای سمی مانند مرکاپتان و غیره و تولید بوی نامطلوب در محیط می شود (۳). کلا تصفیه فاضلاب به سه گونه ممکن است: تصفیه مکانیکی یا تصفیه فیزیکی، تصفیه زیستی یا تصفیه بیولوژیکی، تصفیه شیمیایی که انتخاب روش های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی با توجه به شرایط محل و بعد از بررسی از نظر ملاک های انتخاب فرآیند، انتخاب می شوند. در سال های اخیر همراه با کاهش سطح آب چاه های موجود در نیروگاه ها و مصرف بالای آب در نیروگاه های حرارتی از جمله جهت استفاده در شستشو، آب گیری درام ها، فضای سبز، استخرهای ذخیره سازی آب خام و به تبع آن ایجاد حجم بالای پساب که در نتیجه فرآیندهای نیروگاهی تولید گردیده و خود به معضلی زیست محیطی تبدیل گردیده است. این پساب ها به علت دارا بودن یون های مضر از جمله یون سدیم و یون های سختی آور، میزان بار آلی بالا، بو، کدورت، رنگ، هدایت الکتریکی بالا قابلیت استفاده مجدد را ندارند، لذا می توان با به کار گیری روش های مناسب جداسازی جهت کاهش آلاینده های ذکر شده که بیش تر مربوط به پساب های تمیز (پساب شستشوی معکوس فیلترشنی، بلودان بویلرها، درین بویلرها) و مصارف بهداشتی می باشد، اقدامات لازم را انجام داد. از جمله آزمایش های انجام پذیرفته شده توسط محقق شامل بررسی تغییرات غلظت سدیم و کلسیم نسبت به زمان در فیلترهای رزینی، تغییرات کنداکتیویته، TS^۱،

کدورت، مواد معلق و رساندن آن به حد مطلوب و استانداردهای زیست محیطی و کیفی موجود جهت استفاده مجدد پسابهای یاد شده در نیروگاه نیشابور از اهداف این تحقیق می باشد.

مواد، تجهیزات و روش ها

۱- فیلترهای پیش تصفیه

پساب مورد استفاده در نیروگاه نیشابور که به صورت پساب اختلاطی شامل پساب کلین درین(پساب ناشی از درین بویلرها و بلودان بویلرها) و پساب بهداشتی می باشد، قبل از وارد شدن به پایلوت تصفیه به روش جذب سطحی- تبادل یونی از مخزنی به قطر متوسط ۴۰ سانتی متر که در کف آن چهار فیلتر به شکل نازل و از جنس ABS نصب گردیده است، عبور می کند که در واقع نقش آشغال گیر و جداسازی لجن جهت جلوگیری از چوک شدن و افزایش بازده بسترهای سیلیسی و رزینی پایلوت تصفیه را دارد. پساب خروجی از این فیلترها وارد مخزن دیگری همانند مخزن اولیه شده و سپس با کنترل دبی توسط فلومتر وارد پایلوت تصفیه می شود، شماتیک این سیستم آشغال گیر در شکل ۱ آمده است.

COD^۱ در فیلترهای شنی و نیز فیلترهای کربن اکتیو، که در این مقاله به آن پرداخته شده است. در شکل شماره ۲ شماتیک سامانه ترکیبی تصفیه به روش بیولوژیکی - جذب سطحی و تبادل یونی و نام اجزای مختلف آن نشان داده شده است. تحقیقات انجام یافته در زمینه حذف آلودگی های آلی و معدنی توسط بسترهای شنی که در آن پساب عبوری از فیلتر شنی تصفیه می شود، بیانگر آن می باشد که این تصفیه ترکیبی از فرآیندهای فیزیکی (جذب سطحی)، بیولوژیکی و کاهش بار میکروبی است (۱۵)، در نتیجه باعث کاهش میزان هدایت الکتریکی و حتی کاهش آلودگی های ناشی از اسیدهای آلی می گردد. از طرفی تحقیقات انجام یافته توسط پینگ یو از دانشگاه ووهان چین و همکاران (۴)، بیانگر آن می باشد که کیفیت جریان خروجی از بستر رزینی تحت تاثیر ترکیبات پساب ورودی می باشد به گونه ای که غلظت سدیم در جریان خروجی با افزایش سختی در جریان ورودی افزایش می یابد که این افزایش غلظت سدیم به دلیل ایجاد واکنش های رقابتی تبادل یونی با یون های سختی آور می باشد. جداسازی یون های مضر از جمله یون سدیم، یون کلسیم، حذف بار آلی، کاهش

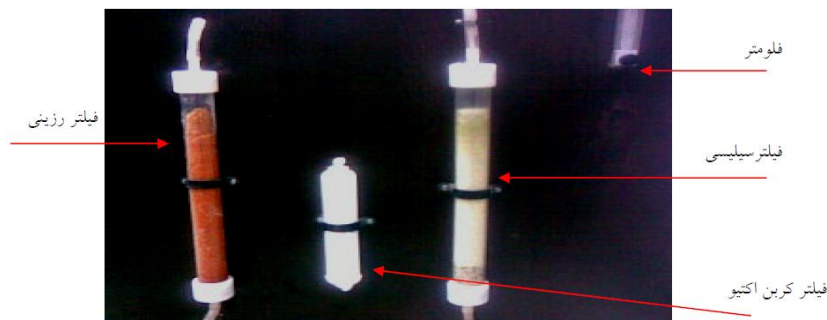


شکل ۱- شماتیک فیلترهای نازل دار در سیستم پیش تصفیه از نمای بالا

Figure1- Schematic of Nozzle filters in pretreatment system (Top and bottom views)

مهم‌ترین ابزار برای انجام آزمایش‌ها، یک پایلوت جداسازی به روش بیولوژیک و جذب سطحی - تبادل یونی می‌باشد. بخش‌های مختلف این پایلوت در شکل ۲ نشان داده شده است.

۲- سامانه ترکیبی تصفیه به روش بیولوژیک، فیلتراسیون جذب سطحی و تبادل یونی



شکل ۲- طرح شماتیک پایلوت تصفیه و نام اجزای مختلف آن

Figure2- Schematic of Treatment system and the name of various components

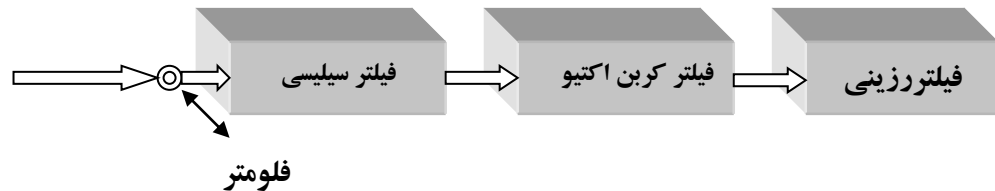
- ستون کربن اکتیو با ارتفاع ۲۸۰ میلی‌متر و با قطر ۵۰ میلی‌متر و به صورت جهت جریان از ورودی بالای فیلتر کربن اکتیو می‌باشد. آزمایش‌های انجام گرفته در بستر کربن اکتیو عمدتاً شامل COD، رنگ بوده است.
- ستون رزینی به صورت میکس کاتیونی، آنیونی از رزینهای ژل تراوا (S100-G1) ساخت شرکت لواتیت آلمان بوده و آزمایش‌های انجام گرفته در بستر رزینی عمدتاً شامل اندازه‌گیری یون سدیم، یون کلسیم، رنگ و کندانکتیویته با نمونه‌گیری از خروجی فیلتررزینی و توسط دستگاه فلیم فتومتر بوده است.

همان‌گونه که در شکل ۲ آمده است بخش‌های مختلف پایلوت تصفیه عبارتند از:

- **فلومتر:** برای اندازه‌گیری دبی پساب ورودی به پایلوت، یک دستگاه فلومتر بر روی مسیر جریان نصب شد که قادر به اندازه‌گیری دبی از یک لیتر بر دقیقه تا ۱۶ لیتر بر دقیقه می‌باشد.
- **بسترشن سیلیسی** به صورت استوانه‌ای به قطر ۵۰ میلی‌متر و ارتفاع ۴۵۰ میلی‌متر آزمایش‌های انجام گرفته در بستر سیلیسی عمدتاً شامل TS، COD، و کندانکتیویته بوده است که پس از نمونه‌گیری از ورودی (پساب خام) و خروجی از فیلترشن سیلیسی انجام گرفته است.

رزینی که فاصله بین غلاف و لوله با چسب آکواریوم پر شده است.
در شکل ۳ دیگرام جریان پساب در پایلوت نشان داده شده است.

• شیلنگ پلی اتیلنی به قطر ۵ میلی متر و به طول ۱/۹ متر برای اتصال بین ستون های سیلیسی، کربن اکتیو، رزینی و فلومتر استفاده شده است.
• شیلنگ پی وی سی به قطر ۱ سانتی متر به عنوان غلاف محافظ در ورودی و خروجی ستون های سیلیسی، کربن اکتیو،

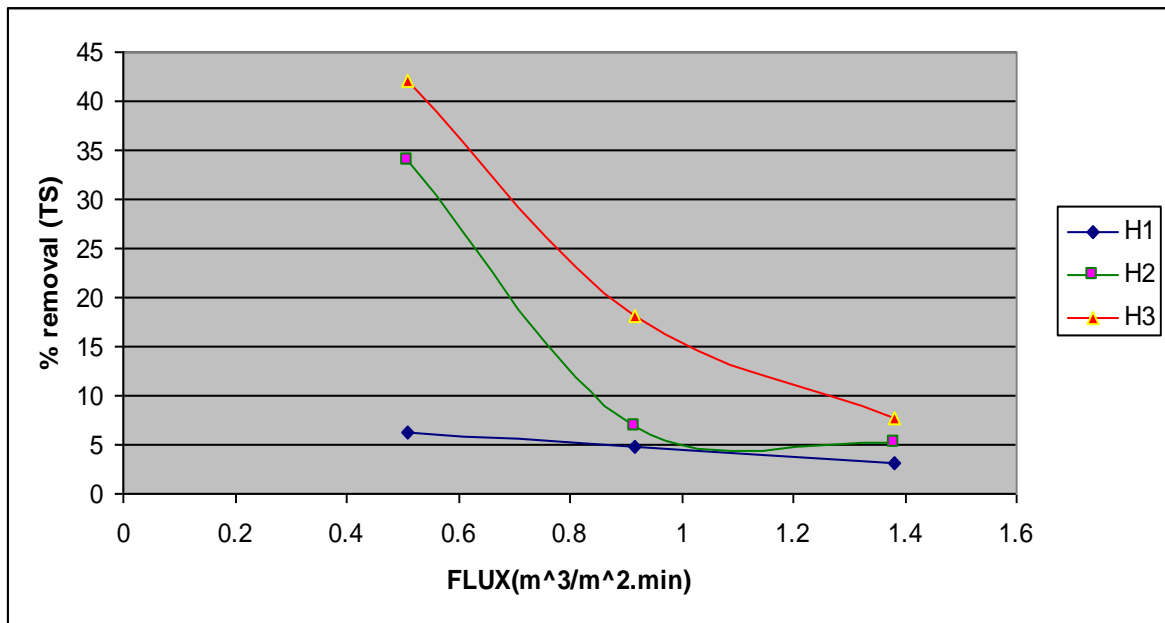


شکل ۳- دیگرام جریان پساب در پایلوت تصفیه

Figure 3- Flow diagram of wastewater in treatment system

۱-۳- بررسی تاثیرشماره های جریانهای مختلف بر روی درصد حذف TS در فیلترسیلیسی با نسبت های مختلف از شن
۱- ۲۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی ریز با اندازه متوسط ۰/۶ میلیمتر و ۲۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی درشت با اندازه متوسط ۲/۶ میلیمتر
۲- ۳۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی ریز با اندازه متوسط ۰/۶ میلیمتر و ۱۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی درشت با اندازه متوسط ۲/۶ میلیمتر
۳- ۳۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی ریز با اندازه متوسط ۰/۶ میلیمتر و ۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی درشت با اندازه متوسط ۲/۶ میلیمتر
هدف از این آزمایش ها ارزیابی اثر نسبت شن های ریز و درشت در درصد حذف TS و درصد حذف COD و بررسی استفاده از فیلترهای شنی سری جهت افزایش بازده حذف TS می باشد.
شکل ۴ تغییرات TS خروجی از فیلتر شن سیلیسی با نسبت های مختلف از سیلیس ریز و درشت در شارهای مختلف را نشان می دهد:

۳- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر میزان درصد حذف TS در فیلترهای شنی سیلیسی ریز و درشت
بعد از عبور پساب از سیستم پیش تصفیه، پساب وارد فیلتر سیلیسی می شود و باقی مانده آلودگی کدورت آب در این صافی ها گرفته می شود. آلودگی باقی مانده در آب خروجی سیستم پیش تصفیه، ذرات فلوکی است. این ذرات عمدتاً یا از نظر اندازه و وزن کوچک هستند و یا اختلاف چگالی آن ها با آب کم است و باید توسط فیلترسیلیسی از آب جدا شوند. یکی از عوامل موثر بر کارایی فیلترهای شنی نسبت شن های ریز و درشت و ترتیب قرارگرفتن آن ها در ستون فیلتر می باشد. معمولاً ذرات ریز در بالای فیلتر و ذرات درشت تر در لایه های پایین تر قرار می گیرند. با توجه به این که مقاومت شن های سیلیسی در مقابل ساییدگی بالا می باشد، لذا مانع ساییدگی در مرور زمان می شود (۵). آزمایش ها در سه نسبت سیلیسی و در سه شار جریانهای ۰/۵۱، ۰/۹۱۷، ۱/۳۸ (مترمکعب بر دقیقه، مترمربع) انجام گرفت.



شکل ۴- تاثیر شارهای مختلف روی درصد حذف TS در جریان خروجی از فیلترهای سیلیسی با اندازه ذرات سیلیسی مختلف در سه شار جریانی ۰/۵۱، ۰/۹۱۷، ۱/۳۸ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) (۶)

Figure 4-The effects of different Fluxes on the removal percentage of Total solids in during the output of the silica filters in three Fluxes contain 0/51, 0/917 and 1/38 (m³ /m² min)

حجم ثابت می شود و فیلتر شدن با کیفیت بهتری انجام می گردد (۵، ۱۶).

باتوجه به رابطه دبی آب فیلتراسیون در فیلترهای شنی که که به صورت $Q=A*\Delta P/\mu*R$ بیان می شود، لذا همواره افزایش سرعت خطی همراه با افزایش افت فشار در دو سر فیلتر و فرآیند فیلتراسیون می باشد.

شکل ۵ مقایسه اثر میزان درصد حذف TS را با افزایش ارتفاع بسترشنی به صورت قراردادن دو فیلترسیلیسی به صورت سری در ارتفاع ۸۰ سانتی متر و ارتفاع اولیه ۴۰ سانتی متر در شار جریانی اپتیمم ۰/۵۱ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) را نشان می دهد.

H1: (۲۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶ میلیمتر

+۲۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر)

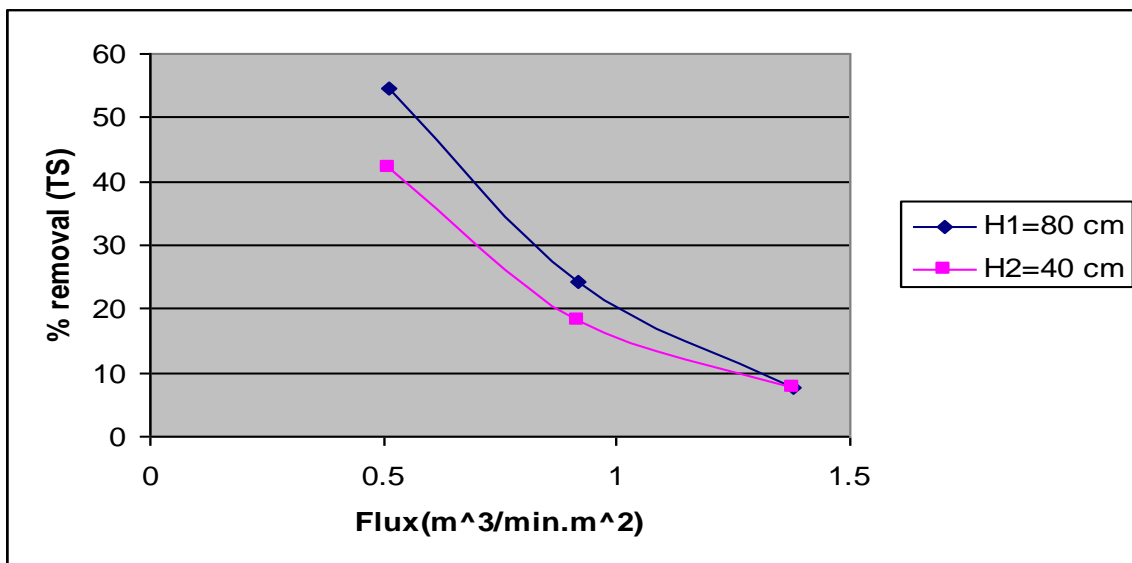
H2: (۳۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶

میلیمتر +۱۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر)

H3: (۳۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶ میلیمتر

+۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر)

بررسی ها نشان می دهد با افزایش شار جریان درصد حذف کاهش می یابد، از طرفی بهترین بازده حذف TS در حالی می باشد که بسترسیلیسی دارای ۰/۸۷ سیلیس ریز و ۰/۱۳ سیلیس درشت باشد که در واقع منطبق بر میزان تعیین شده در دستورالعمل های تصفیه آب در فیلترهای شنی می باشد. زیرا میزان تماس سیال با بستر بیش تر و سطح موثر نیز افزایش می یابد و در واقع باعث ایجاد سطح فیلتراسیون بیش تر در



شکل ۵- مقایسه درصد حذف TS در جریان خروجی از فیلترهای سیلیسی با اندازه ذرات ۸۷٪ شن سیلیسی ریز و ۱۳٪ شن سیلیسی درشت در ارتفاع های کل ۴۰ و ۸۰ سانتی متر

Figure 5- Comparing of the removal percentage Total solids in during the output of the silica filters with using particles size (87% fine silica sand and 13% coarse silica sand) in Total heights 40cm and 80 cm

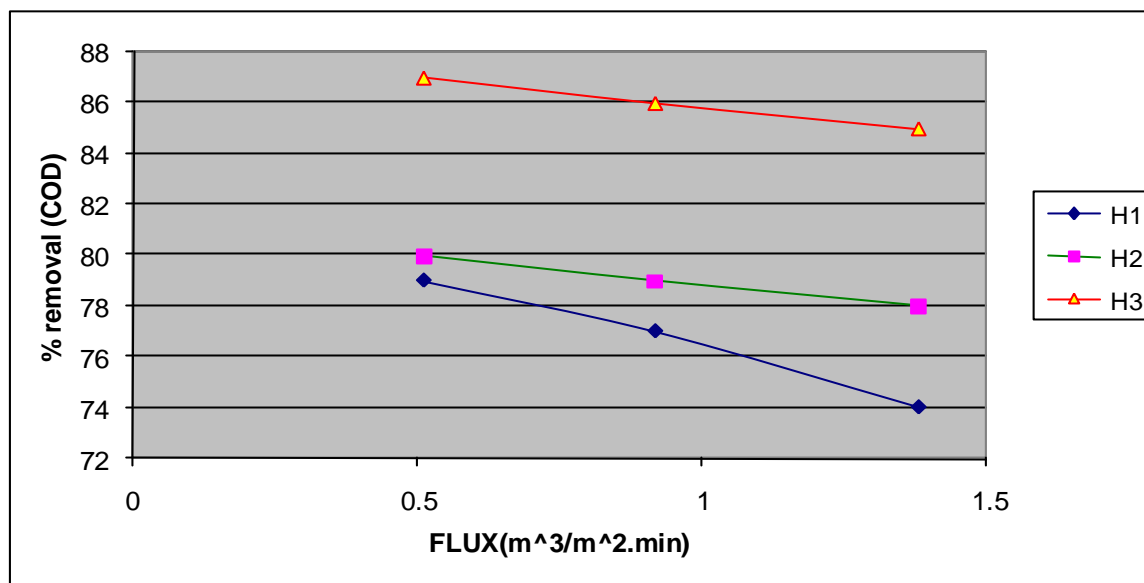
۴- بررسی تاثیر شارهای مختلف بر روی درصد

حذف COD در فیلتر سیلیسی با نسبت های مختلف از

شن سیلیسی ریز و درشت

استفاده از فیلترها و صافی های شنی یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلق موجود می باشد. با توجه به این که مواد معلق در فاضلاب قسمتی از کل مواد خارجی (TS) می باشد، از نظر جنس نیز مواد معلق دارای منشأ آلی (ناپایدار) یا منشأ معدنی (پایدار) هستند، لذا فیلترهای سیلیسی نقش بسزایی در حذف COD دارند. میزان درصد حذف COD نسبت به شار جریان، در سه نسبت سیلیسی و در سه شار جریانی ۰/۵۱، ۱/۳۸، ۰/۹۱۷ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) آزمایش شد که در شکل ۶ رسم شده است.

همان طور که از شکل ۵ ملاحظه می گردد با سری کردن دو فیلتر سیلیسی عملاً در شارهای بالا تاثیر چندانی بر میزان حذف TS ندارد، ولی با کاهش شار جریان در شار ۰/۵۱ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) میزان درصد حذف از ۴۲٪ به ۵۴/۶٪ افزایش می یابد که ناشی از افزایش سطح تماس پساب و زمان ماند بیش تر به دلیل افزایش طول بستر است. فیلترهای سیلیسی در دوره های زمانی ۲ تا ۳ شبانه روز نیاز به شستشو دارند که این کار توسط شستشوی معکوس (Backwash) با آب تصفیه شده انجام می گردد و حداکثر ۱۵ دقیقه به طول می کشد. البته در دبی های بالا و در شرایط صنعتی شستشوی معکوس توسط مخلوط آب و هوای فشرده انجام می شود.



شکل ۶- تغییرات میزان درصد حذف COD خروجی از فیلترهای سیلیسی با نسبت های مختلف از شن ریز و درشت و در سه

شار جریانی ۰/۵۱، ۰/۹۱۷، ۱/۳۸ (مترمکعب بر دقیقه، مترمربع) (۶)

Figure 6- Value Changes of removal percentage of COD output from silica filters With different proportions of fine sand and coarse sand in three Fluxes contain 0/51, 0/917 and 1/38 (m³ /m² min)

کنترل آلودگی ناشی از یون سدیم امری مهم در کنترل کیفی پساب خروجی از پایلوت تصفیه می باشد. برای بستر رزینی که در آن از رزین های شاخص استفاده شده است (کاتیونی قوی و از نوع ژل تراوا و به فرم هیدروژنی می باشد)، دارای ظرفیت $eq/12$ می باشد، در طول عبور آب از بستر رزینی یون های سدیم جایگزین یون های هیدروژن می شوند و یون های هیدروژن آزاد می شوند (۸،۹).

تاثیر شار بر روی غلظت سدیم در شکل ۷ ارایه شده است. همان طور که مشخص است افزایش شار همراه با کاهش درصد حذف سدیم می باشد، البته درصد حذف چندان ملموس نیست. در شکل ۷ مقایسه بین دو رزین شاخص ژل تراوا و رزین معمولی از یک گرید در حذف میزان سدیم در شارهای مختلف نیز نشان داده شده است (۸،۹).

H1: ۲۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶ میلیمتر + 20 سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر

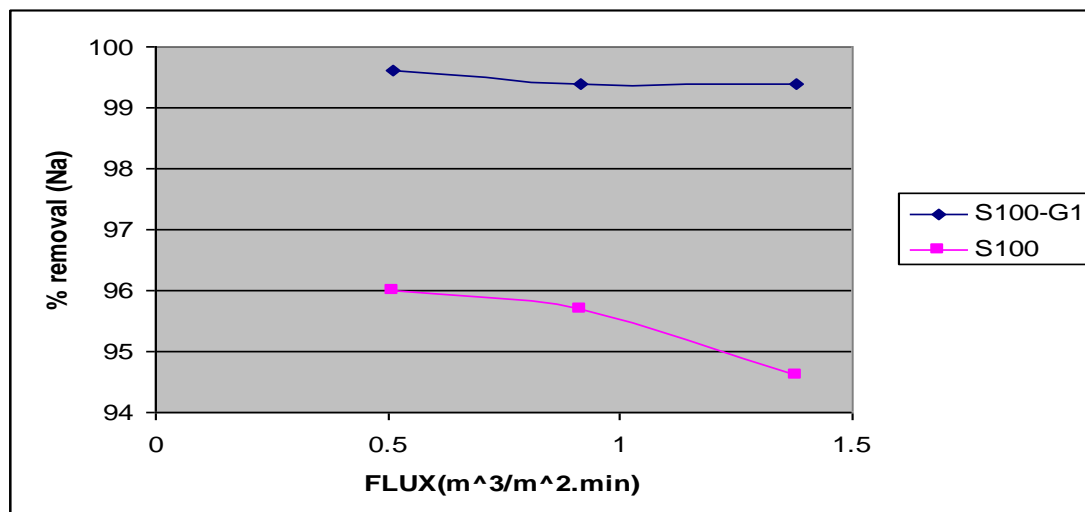
H2: ۳۰ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶ میلیمتر + 10 سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر

H3: ۳۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۰/۶ میلیمتر + ۵ سانتی متر ارتفاع شن سیلیسی با اندازه ۲/۶ میلیمتر

مشابه همین فرآیند یعنی استفاده از فیلتر شنی جهت حذف COD در تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان انجام یافته و منجر به حذف ۸۵٪ COD شده است (۳،۷).

۵- تاثیر شار در شرایط عملیاتی (آزمایشگاهی) بر روی غلظت سدیم در فیلتر رزینی

با توجه به این که بخشی از پساب تصفیه شده توسط پایلوت تصفیه جهت کاربری فضای سبز در نظر گرفته شده است، لذا



شکل ۷- مقایسه درصد حذف یون سدیم در فلاکس های مختلف بین رزین های شاخص (ژل تراوا) و معمولی

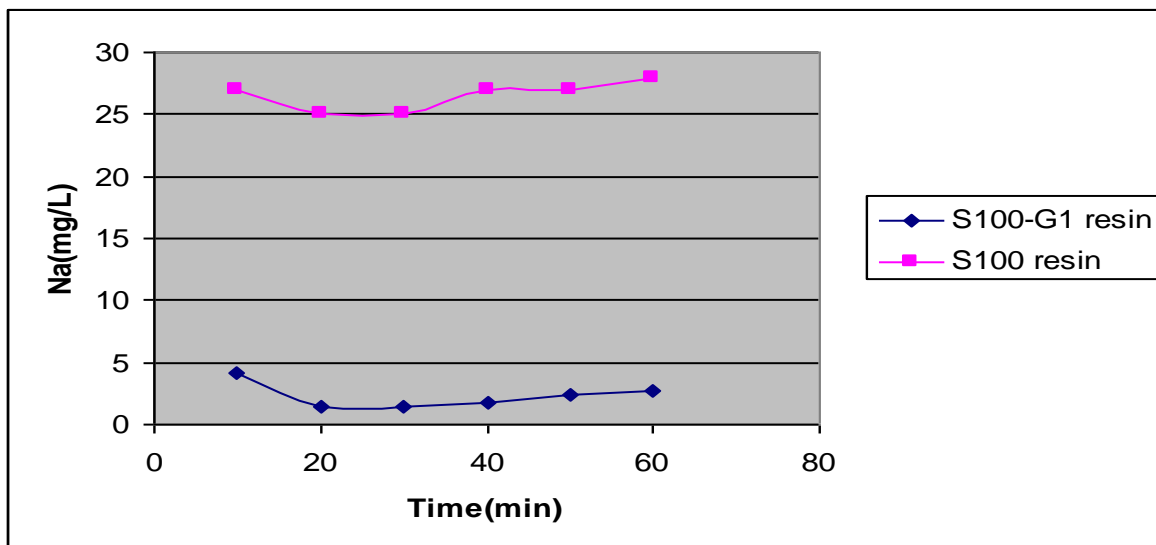
Figure 7- Comparing of the removal percentage of sodium ion in variation Fluxes between indexing resin (Gel resin) and non-Gel resin

رزین به طرف بالا جریان پیدا می کند که هدف معلق کردن دانه های رزین می باشد ۲- تزریق ماده شیمیایی احیا کننده که در مورد رزین های ژل تراوا اسید کلریدریک ۶٪ می باشد ۳- شستشوی آهسته به خاطر توزیع ماده شیمیایی در سرتاسر بستر رزین و در نتیجه تماس بهتر ماده شیمیایی با دانه های رزین و در نهایت شستشوی سریع به خاطر حذف باقی مانده ماده احیا کننده، تا فیلتر رزینی برای سرویس دهی مجدد آماده گردد، از جمله مزایای استفاده از رزین های ژل تراوا تغییر رنگ از حالت قهوه ای روشن به قرمز تیره در زمان اشباع شدن رزین ها می باشد که می توان با این تغییر رنگ زمان احیای رزین های فیلتر رزینی را پیش بینی کرد.

۶- تغییرات غلظت سدیم با زمان در فیلتر رزینی با توجه به این که تبادل یون یک واکنش برگشت پذیر یون ها بین فاز متحرک و فاز ساکن (رزین تبادل یونی) است و در واقع ضعیف و قوی بودن رزین در حذف یون ها به ضعیف و قوی بودن اتصال به بار جز حل شونده در pH خوراک ورودی دارد (۱۲) تغییرات میزان غلظت یون سدیم و کلسیم از پساب به صورت تابعی از زمان (دقیقه) در در شکل های ۸ و ۹ رسم شده است.

S100-G1: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع ژل تراوا
S100: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع غیر ژل تراوا
همان طور که از شکل ۷ ملاحظه می گردد، در رزین های معمولی و غیر ژلهای S100 با افزایش شار کیفیت پساب تصفیه شده از لحاظ میزان غلظت سدیم پایین می آید و عملاً بازده فیلتر رزینی در حذف یون سدیم کاهش می یابد، دلیل آن، این است که در شارجرسانی کم تر زمان تماس یون ها و رزین های تبادل یونی بیش تر شده و واکنش تبادل یونی کامل تر انجام می گردد (۴،۱۰،۱۷).

باتوجه به این که ظرفیت رزین های S100-G1 به اندازه ۱ eq/L 2 و از رزین های S100 بیش تر بوده و به صورت ژل تراوا می باشد، در مجاورت سیال به حالت ژلهای در آمده و لذا نسبت به تغییرات سرعت خطی حساسیت کمتری دارد (۱۱،۱۳).
پس از این که مدتی از رزین استفاده گردید، مدت تصفیه آن کم می شود و باید عمل احیا روی آن انجام گیرد که شامل مراحل زیر می باشد: ۱- شستشوی معکوس که آب از کف بستر



شکل ۸- مقایسه تغییرات میزان غلظت یون سدیم پساب عبوری از فیلتررزینی (رزین های S100-G1 و S100 به صورت تابعی از زمان (دقیقه)

Figure8- Comparing of the concentration changes of sodium ion during the output of resin filter (S100-G1 and S100 resins) as a function of time (minute)

به شبکه ژل وارد می شوند. هرچه ژل محکم تر باشد از شدت جریان ورودی بیش تری می توان استفاده کرد (۱۴).

شکل ۹- مقایسه تغییرات میزان غلظت یون کلسیم پساب عبوری از فیلتررزینی (رزین های S100-G1 و S100 بصورت تابعی از زمان (دقیقه)

S100-G1: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع ژل تراوا

S100: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع غیر ژل تراوا

همان طور که از شکل ۹ ملاحظه می شود، همانند شکل ۸ میزان حذف یون کلسیم با استفاده از رزین شاخص بازده بالاتری دارد، زیرا هم به دلیل خاصیت ژل تراوا بودن و نیز به دلیل ظرفیت بالاتر آن ها نسبت به رزین های (S100) می باشد. در واقع ظرفیت رزینی معیاری از توانایی رزین برای تعویض یون می باشد (۱۴، ۱۸).

۷- تغییرات بارآلی در خروجی فیلترکربن اکتیو

با توجه به این که در فیلترکربن اکتیو به دلیل خلل و فرج های بسیار زیاد از فرآیند جذب سطحی استفاده می شود، لذا با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش ها در خروجی فیلتر کربن اکتیو

S100-G1: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع ژل تراوا

S100: رزین کاتیونی شرکت لواتیت آلمان و از نوع غیر ژل تراوا

همان طور که در شکل ۸ ملاحظه می گردد در ابتدا به دلیل عدم ایجاد جریان یکنواخت و پلاریزاسیون غلظت مناسب و نیز وجود مقاومت های سطحی در مقابل واکنش های تبادل یونی، میزان یون سدیم در خروج از فیلتر رزینی کمی بالاتر است، ولی با گذشت زمان و افزایش زمان Run time و از ۱۰ دقیقه دوم، میزان غلظت خروجی یون سدیم نسبتاً ثابت است. ولی با توجه به نمودار، بازده حذف با استفاده از رزین های شاخص بالاتر بوده و دارای نوسانات کم تری نسبت به رزین های معمولی (S100) می باشد و عملاً دیرتر اشباع می شوند که به دلیل ظرفیت بالاتر رزین های شاخص است. با توجه به این که رزین های شاخص به کار رفته از نوع ژل تراوا می باشند، که در واقع عملکرد آن ها براساس نوعی غربال مولکولی و صاف کردن با ژل بوده، و در آن ها یون ها بر اساس اندازه، توسط یک شبکه ژل با تخلخل مشخص جدا شده و مولکول های بزرگ قادر به ورود به شبکه ژل نمی باشند، در حالی که مولکول های کوچک کاملاً

اشباع به رنگ قرمز تیره تغییر رنگ می دهند و میزان سطح احیا رزینی را مشخص می نماید. که باعث صرفه جویی بالا در مصرفه مواد احیا کننده می شود.

منابع

- ۱- ابریشم چی، احمد و همکاران « مهندسی آب و فاضلاب»، چاپ سوم، جلد اول، شرکت مهندسی متکاف و ادی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۴، جلد اول.
- ۲- قاسمی، ا. «رزینایی کیفیت پساب از تصفیه خانه های فاضلاب برای استفاده در کشاورزی»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۹.
- 3- <http://www.farabord.com>.
- 4- Ping Yu*, Yunbai Luo. (2002). "Novel water treatment process-combined cationic ion-exchange bed and degasifier in a three-phase fluidized bed", Desalination, pp.145-161
- 5- Water Treatment plant WTP-sand filter Media Iran power Development company (۲۰۱۰).
- ۶- نتایج آزمایشات آزمایشگاه آب نیروگاه نیشابور، ۱۳۹۳.
- 7- Boyer, T.H., singer, P.C., 2006. apilot – scale evaluation of magnetic ion exchange treatment for removal of natural organic material and inorganic anion. Water research 40(15), pp.2865-2876.
- 8- P. Yu and Y. Luo, Ion Exchange and Adsorption, 16(2000) 337-43
- 9- <http://www.lewatit.bayer.de> (visited 12 january 2013).
- 10- S.B. Watson, j. Lawrence,. Drinking water quality and sustainability. Water Qual. Res. J. Can. 38(2003), pp. 3-13.
- 11- (Visited 10 Dec 2013) <http://www.bayer.com>.

که محل قرارگرفتن آن در پایلوت تصفیه پس از فیلتر سیلیسی و قبل از فیلتر رزینی می باشد، عملاً میزان رنگ پساب خروجی از آن برابر صفر بوده، و میزان بارآلی محاسبه شده در خروجی آن در هر سه شارجریانی ۰/۵۱، ۰/۹۱۷، ۱/۳۸ (متر مکعب بردقیقه، مترمربع) نیز برابر صفر به دست آمد. لذا نیازی به استفاده از فیلتر اضافی به صورت سری مشاهده نشد. فیلتر کربن اکتیو را در پیوندهای هفتگی با آب کلردار شستشو داده و سپس با شستشوی معکوس (Back wash) با آب دمین شستشوی نهایی داده و پس از مشاهده آب خروجی زلال و شفاف فیلتر را مجدداً در مدار قرار خواهد گرفت.

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق با ساخت سامانه ترکیبی بیولوژیک، جذب سطحی- تبادل یونی بیانگر آن می باشد که میزان درصد حذف TS درستون شن سیلیسی با نسبت افزایش سیلیس ریز با اندازه متوسط ($d=0/65$ میلی متر) به سیلیس درشت با اندازه متوسط ($d=2/6$ میلی متر) به طور ملموسی افزایش می یابد و بیشترین درصد حذف TS در شار ۰/۵۱ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) و با نسبت ۰/۸۷٪ سیلیس ریز به ۰/۱۳٪ سیلیس درشت و با درصد حذف ۰/۴۲٪ می باشد. مشاهده شد که با آزمایشی تکمیلی با سری کردن یک ستون سیلیسی دیگر و در واقع با افزایش میزان ارتفاع بستر سیلیسی از ۴۰ سانتی متر به ۸۰ سانتی متر میزان درصد حذف TS از ۰/۴۲٪ به ۰/۵۴/۶٪ در شار ۰/۵۱ (مترمکعب بردقیقه، مترمربع) افزایش داشته است، البته در شارهای بالاتر عملاً سری کردن فیلترهای سیلیسی تغییرات ملموسی در حذف TS ندارد. پساب خروجی از فیلتر کربن فعال عملاً فاقد هرگونه بارآلی می باشد و کاهش میزان کدورت و رنگ در شارها و سرعت های خطی پایین تر دارای بازده بالاتری است. در استفاده از رزین های ژل تراوا (S 100-G1) در مقابل رزین های معمولی غیر ژل تراوا دارای بازده حذف بالاتری در حذف یون های مضر می باشد و از طرفی به دلیل داشتن ساختار ژله ای نسبت به تغییرات و نوسانات سرعت و دبی حساسیت کمتری دارد. استفاده از رزین های شاخص دارای صرفه اقتصادی بالا می باشد، زیرا در هنگام

Sciences Semlalia, Boulevard prince Moulay-Abdelah "Removal of organic pollutants and nutrients from olive Mill wastewater by a sand filter" *Dsalination* 90(2009), pp. 2771-2779.

۱۶- اسناد و مدارک دفتر فنی نیروگاه نیشابور، ۱۳۹۳.

17- Stumm, W., Morgan, j.j., (1996). *Aquatic Chemistry*. John Wiley Sons, Inc., New York [۱۸] singer, p.G., Bilyk, K., (2002). Enhanced coagulation using a magnetic ion exchange resin. *Water Research* 36, pp. 4009-4022.

۱۲- شجاع الساداتی، سیدعباس ((بیوتکنولوژی صنعتی))

تهران، دانشگاه تربیت مدرس مرکز نشر آثار علمی،

۱۳۸۶.

13- Jarvis, p., Mergen, M., Banks, j., Mcintosh, B., parsons, S.A., Jefferson, b., 2008. pilot scale comparison of enhanced coagulation with magnetic resin plus coagulation systems.

14- Stanbury, P.F.; Whitaker, A & Hall, S.j., (2007) "principles of Fermentation Technology" 2 fd., Aditya Books (p) Ltd., new.

15- Laboratoire d'Hydrobiologie, d'Ecotoxicologie et, d'Assainissement University Cadi Ayyad, Faculte des