

ارزیابی سودمندی صافی های درشت دانه افقی (HRF) در تصفیه ثانویه فاضلاب

مهندس مهدی اعلمی^۱، دکترعبدا... رشیدی مهرآبادی^۲، دکتر مجتبی فاضلی^۳

Email: Mehdi_Aalami@yahoo.com

خلاصه:

فیلترهای درشت دانه افقی (HRF) از دهه های نیمه دوم قرن بیستم به عنوان پیش تصفیه مناسب برای تامین شرایط کیفی آب ورودی فیلترهای کند ماسه ای و در برخی موارد حذف آهن و منگنز دوظرفیتی مورد استفاده قرار گرفته اند [1]. از این فیلترها برای کاهش بار آلی ورودی اولیه در تصفیه به روش اکسیداسیون یا لجن فعال و همچنین کاهش بار آلی سنگین فاضلابهای صنعتی نیز استفاده می شود [3]. این فیلترها همچنین در حذف ذرات رس [4] و کلیفرمها [10] نقش عمده ای می توانند داشته باشند.

مزیت ممتاز فیلترهای درشت دانه افقی که باعث کسب اهمیت بیشتر و توجه به استفاده از آنها در صنعت آب و فاضلاب شده است را می توان به ترتیب زیر بیان داشت:

- ۱- عدم استفاده از قطعات متحرک مکانیکی
 - ۲- سادگی احداث و بهره برداری
 - ۳- راندمان مناسب
- که با توجه به کمبود انرژی و نیروی متخصص و بالا بودن هزینه های بهره برداری تصفیه خانه های فاضلاب می توان استفاده از آن را در این صنعت نوید بخش تحولات مثبتی در عرصه بهره برداری و ارتقای کارایی تصفیه خانه ها دانست.
- اهداف کلی این تحقیق عبارتند از:
- ۱- معرفی مشکلات بهره برداری مخازن ته نشینی ثانویه در تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال
 - ۲- معرفی و مقایسه روشهای جایگزین مخازن ته نشینی ثانویه با تاکید بر توانایی های فیلترهای درشت دانه افقی

کلمات کلیدی: فیلتراسیون درشت دانه افقی - تصفیه ثانویه - HRF

مقدمه:

رشد روز افزون جمعیت شهری، محدودیت منابع آب و افزایش نیازهای عمومی به این مایه حیاتیخش، آلودگیهای ناشی از تخلیه نامناسب پساب های شهری و صنعتی در آبهای پذیرنده و اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از آن باعث شده است محققین به دنبال راهکارهای مناسب برای مصرف مجدد آب برای تامین نیازهای کشاورزی، صنعتی، آبیاری و ... باشند و در این مهم توجه به غلظت آلاینده های پساب های خروجی، جستجوی روشهای ساده تصفیه و کاهش هزینه های آن به عنوان یک راهکار نجات بخش مورد توجه عمومی قرار گرفته است.

عمده تصفیه خانه های فاضلاب موجود در کشور عزیزمان به روش لجن فعال، تصفیه فاضلاب را انجام می دهند. از آنجا که مخازن ته نشینی ثانویه یکی از اجزای اصلی این روش به شمار می روند توجه به مشکلات بهره برداری آنها بسیار مهم می باشد. مخازن ته نشینی ثانویه نقش حذف جامدات بیولوژیکی تولید شده در راکتورهای هوا دهی، زلال سازی پساب و تغلیظ اولیه لجن را به عهده دارند. لیکن این مخازن با محدودیتهای فراوانی مواجه هستند که کارایی و سودمندی آنها را کاهش می دهد. از جمله این محدودیتهای میتوان می توان به پدیده بالکینگ یا حجیم شده لجن که پدیده ای متداول در تصفیه خانه های از نوع لجن فعال است و باعث کاهش کیفیت خروجی تصفیه خانه میگردد اشاره داشت. این مخازن راندمان کمی در حذف تخم انگلها داشته و در صورتیکه قرار باشد از پساب خروجی برای آبیاری فضای سبز و مصارف کشاورزی استفاده شود برای دستیابی به شاخص انگلیبرگ می بایست از فرایند فیلتراسیون استفاده نمود که هزینه ها و مشکلات بهره برداری فراوانی به دنبال خواهد داشت.

^۱ - دانشجوی سال آخر کارشناسی ارشد مهندسی آب و فاضلاب، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

^۲ - استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

^۳ - استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)

مشکلات عمده مخازن ته نشینی ثانویه :

لجن حجیم شده :

لجن حجیم شده مهمترین و متداولترین مشکل موجود می باشد . اصطلاح حجیم شدن برای شرح تشکیل فلوکهای لجن فعال که به کندی ته نشین و فشرده میشوند ، به کار میرود . وقوع پدیده حجیم شدن امکان برداشت لجن فعال از حوضچه ته نشینی برای واگردانی به استخر هوادهی را با مشکل مواجه می سازد . نرخ واگردانی به علت پائین آمدن غلظت لجن ته نشین شده افزایش می یابد . اگر لجن را نتوان با سرعت لازم از جریان زیرین تانک ته نشینی برداشت نمود ضخامت لایه لجن افزایش می یابد تا کل حوضچه ته نشینی را اشغال نماید آنگاه جامدات لجن فعال همراه با پساب خارج می شود ، این حالت باعث اتلاف بیومس می شود که SRT را به روشی غیر قابل کنترل کاهش داده و کیفیت SS و BOD خروجی کاهش می یابد . تداوم پدیده حجیم شدن لجن می تواند باعث از کار افتادن کامل فرایند لجن فعال گردد.

لجن صعود کننده :

صعود لجن مشکلی است که در بعضی مواقع در تانک ته نشینی لجن فعال که در آن آمونیم به نیترات تبدیل می شود رخ می دهد . اگر دینتریفیکاسیون نیترات به N2 در لایه لجن حوضچه ته نشینی رخ دهد حباب های گاز می توانند خود را به ذرات ته نشین شده بچسبانند ، توده های لجن آنگاه شناور شده و به سطح حوضچه آمده و آنجا جمع می شوند و می توانند باعث افزایش غلظت جامدات در پساب شوند .

رشد پراکنده و فلوک سوزنی :

رشد پراکنده و فلوک سوزنی از نوع مشکلاتی است که بعضی از میکرو ارگانیزمها به ذرات بزرگ ، فلوکوله نشده و به سرعت ته نشین نمی گردند رشد پراکنده غالباً در حین راه اندازی سیستم های لجن فعال یا زمانی که SRT برای تشکیل ساختار عادی لجن فعال با ته نشینی مناسب کافی نباشد رخ می دهد .

فلوک سوزنی پدیده دیگری است که باعث تشکیل ذرات ریزی می شود که به خوبی ته نشین نمی گردند . این مشکل در سیستمهای با θ_x طولانی نظیر سیستم هوادهی ممتد رخ می دهد فلوک با عمر طولانی توسط سلولهای یوکاریوتی صید شده و باعث از بین رفتن مشخصه های فلوک و تولید باقیمانده بیولوژیکی شده که عمده آنها فعال نمی باشند . بسیاری از ذرات فلوک سوزنی در این فرایند تشکیل شده و همراه با پساب خارج می شوند .

بدین منظور شناخت و تحقیق پیرامون روشهایی که بتواند این مشکلات را بر طرف و نیاز به تصفیه پیشرفته فاضلاب را به حداقل برساند یکی از اهداف مهم در ارتقای کیفیت پساب برای مصارف مجدد و کاهش هزینه های راهبری می باشد .

روشهای جایگزین در تصفیه ثانویه :

الف : بیو راکتور های غشایی (MBR)

از روشهایی که امروزه در تصفیه فاضلاب شهری به طور چشمگیری افزایش یافته است استفاده از بیو راکتورهای غشایی (MBR) می باشد [5] این راکتورها از یک راکتور بیولوژیکی (بیوراکتور) با بیومس معلق و ممبرانهای میکروفیلتراسیون با قطر منافذ ۴-۱ میکرون جهت جداسازی جامدات تشکیل شده اند و دارای کاربردهای زیادی در تصفیه فاضلاب هستند این سیستم ها ممکن است با بیو راکتورهای دارای بیومس معلق هوازی یا بی هوازی استفاده شوند سیستمهای ممبران می توانند فاضلاب خروجی را به کیفیت فاضلاب خروجی حاصل از ترکیب ته نشینی ثانویه و میکروفیلتراسیون برسانند .

در عمل سیستمهای MBR عملیات میکروفیلتراسیون و تصفیه بیولوژیکی را در یک واحد فرایندی انجام می دهند و به عنوان یک واحد نیاز به استفاده از واحد های ته نشینی ثانویه و فیلتراسیون را مرتفع می سازند .

فرایند بیوراکتورهای غشایی (MBR) ترکیبی از تصفیه ثانویه بیولوژیکی فاضلاب در پروسه غشایی و جداسازی فیزیکی بیومس از مخلوط به صورت تک مرحله ای می باشد . سیستمهای (MBR) به طور گسترده ای مورد توجه در تصفیه فاضلابهای شهری و صنعتی هستند و به علت جداسازی کامل جامدات محلول ، تولید پساب با خروجی دارای کیفیت عالی و قابلیت کارکرد در رنج وسیعی از تغییرات ورودی و همچنین ارضای مقررات سختگیرانه تخلیه پساب ها مورد توجه هستند [7]

فرایند جداسازی غشایی در دو دهه گذشته توجه زیادی را به خود جلب نموده است و به عنوان تصفیه پیشرفته جایگزین در تصفیه فاضلاب شهری استفاده از این راکتورها در سیستم تصفیه لجن فعال برای جداسازی جامدات بدون نیاز به مخازن ته نشینی ثانویه مطرح هستند . وظیفه این مرحله به عهده غشاء می باشد و به عنوان فاز ویژه ای در راکتور ، خروجی زلال را به منظور تخلیه به آبهای پذیرنده یا استفاده مجدد ایجاد می کند . غشاهای با منافذ کوچک دامنه وسیعی از میکروارگانیسمها را نیز حذف می کنند مطالعات ، شاخص های حذف موثری را توسط این سیستمها نشان می دهند . حذف تا 5Log کلیرمها (Gran et.al 2000) و حذف تا 7Log انتروکوکسی های مدفوعی (Ueda and Horan , 2000) . اگرچه ویروسهای بسیار ریزتر از قطر منافذ میکروفیلترها هستند ولی درصد حذف بالایی از آنها نیز گزارش شده است که پس از تشکیل لایه بیوفیلم در غشاء به وقوع می پیوندد . [8]

سیستم های MBR دو شکل کلی دارند :

- ۱- ممبران داخل بیورآکتور غوطه ور باشد .
- ۲- ممبران خارج از بیورآکتور قرار می گیرد .

در ممبرانهای نوع اول ، غشاء مستقیماً داخل رآکتور لجن فعال قرار می گیرد . مدوله‌های ممبران شامل ممبران ها ، ساپورت آنها ، اتصالات ورودی و خروجی و یک ساپورت اصلی هستند . ممبرانها در معرض یک خلاء قرار می گیرند که آب صاف را از درون ممبران بیرون می کشد در حالیکه جامدات در رآکتور باقی می ماند . برای حفظ TSS درون رآکتور و برای تمیز نگه داشتن سطح خارجی ممبرانها ، هوای فشرده در پایه مدول ممبران توزیع می شود همانطور که هوا به سطح حرکت می کند شستشوی سطح ممبران رخ می دهد و هوا نیز اکسیژن کافی را برای تامین شرایط هوازی تامین می کند .

در ممبرانهای نوع دوم لجن فعال از بیورآکتور به ممبران پمپ می شود و مواد جامد درون ممبران باقی مانده و فاضلاب صاف خارج می شود . نیروی محرک ، فشاری است که به وسیله سرعت بالا درون ممبران ایجاد می شود . جامدات باقیمانده در ممبران به رآکتور لجن فعال بازگردانده می شوند ممبران ها برای جدا شدن جامدها به طور پریودیک Backwash شده و به صورت شیمیایی برای جلوگیری از افت فشار تمیز می شوند .

توانایی حذف مخازن ته نشینی ثانویه و عملکرد در غلظت های بالای MLSS توسط سیستمهای MBR مزایای زیر را به همراه دارد :

- ۱- بارگذاری حجمی بالاتر و زمان ماند هیدرولیکی کمتری را می توان اعمال نمود .
 - ۲- کاهش تولید لجن با زمان ماند سلولی (SRT) بالاتر رخ می دهد .
 - ۳- عملکرد در DO های پائین و امکان نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون در طرح های با SRT بالا.
 - ۴- جریان خروجی با کیفیت بالا در حذف پارامترهای کدورت ، باکتری ، TSS و BOD
 - ۵- فضای کم مورد نیاز برای تصفیه فاضلاب .
 - ۶- هزینه سرمایه گذاری اولیه پائین تر نسبت به روشهای متعارف تصفیه توسط زلال سازها .
 - ۷- مراحل پروسه ای کمتر برای دستیابی به خروجی با کیفیت بالا.
- و از معایب عمده این سیستمها میتوان به موارد ذیل اشاره داشت :

- ۱- هزینه بالای بهره برداری
- ۲- عمر کوتاه غشاء ها
- ۳- هزینه بالای تعویض پریودیک غشاءها
- ۴- هزینه انرژی بالا جهت هوادهی
- ۵- گرفتگی زودرس (Fouling)

ب- صافی های درشت دانه افقی :

تعریف : صافی درشت دانه به صافی هایی گفته می شود که قطر دانه های آن از دو میلیمتر بیشتر باشد . این صافی ها از نظر نوع جریان به دوصورت افقی و عمودی تقسیم بندی می شوند .

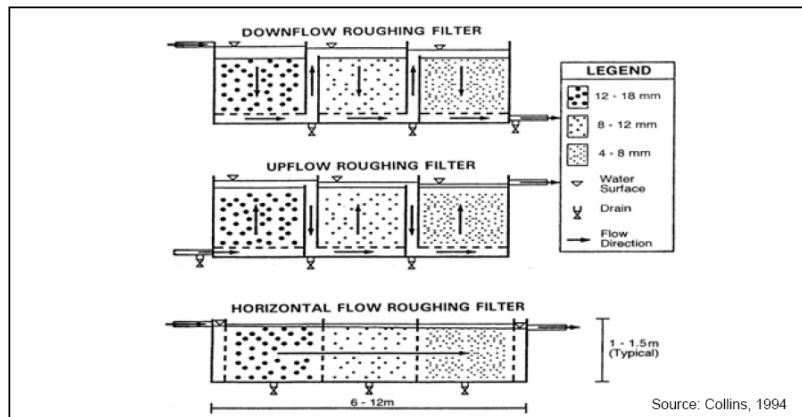
تاریخچه :

استفاده از صافی های درشت دانه به عنوان واحد پیش تصفیه برای صافی های کند ماسه ای از دهه ۱۹۶۰ مورد توجه قرار گرفت ، ولی مطالعه بر روی شناخت فرایند های موثر و تعیین مبانی طراحی آن در دهه ۱۹۸۰ انجام و استفاده از آن به خصوص نوع HRF در بسیاری از کشورها شتاب گرفت .

شکل فیلترهای درشت دانه :

فیلترهای درشت دانه معمولاً به صورت های زیر می باشند :

- ۱- شامل قسمت های بزرگ متوالی از لایه های مختلف دانه بندی که در جهت جریان اندازه ذرات کاهش می یابد .
- ۲- شامل قسمت های مختلف که به صورت سری به یکدیگر متصل هستند و هر بخش دارای یک سایز دانه بندی می باشد . جریان فیلتر نیز می تواند هم به صورت افقی و هم به صورت قائم صورت پذیرد.



بهره برداری و نگهداری فیلترهای درشت دانه :

عملکرد تصفیه ای فیلترهای درشت دانه را می توان به دو بخش تقسیم نمود :

قسمت اول ، بیانگر دوره ای است که طی آن راندمان حذف ذرات با وجود افزایش تجزیه ذرات پایدار می ماند . (حالت پایدار)

قسمت دوم ، بیانگر دوره ای است که راندمان حذف ذرات در اثر تجزیه ذرات و نفوذ آنها به سیال فیلتر کاهش می یابد .

راندمان حذف ذرات و همچنین نفوذ ذرات نقش کلیدی در طول دوره بهره برداری فیلتر دارند . در طول بهره برداری فیلتر ، ذرات در فیلترهای HRF تحت تاثیر نیروی ثقل در جهت جریان به سمت پائین منحرف می شوند . (Wegelin , 1996)

نقطه پایان بهره برداری فیلترها عموماً زمانی مشخص میشود که کیفیت خروجی در حین افزایش تجزیه ذرات از معیارهای مشخص تجاوز و افت کند . تجهیزات زهکش تعبیه شده در قسمت تحتانی فیلترهای درشت دانه اجازه زهکشی سریع را در نقطه پایانی بهره برداری و حذف ذرات جمع شده را می دهد . (Galvis , et al 1996)

افزایش افت هد در فیلترهای درشت دانه ای که نرخ بار هیدرولیکی پائینی دارند عموماً کم می باشد . (کمتر از ۵ سانتیمتر) (Wegelin)

اندازه ذرات فیلتر :

عمده مصالح بستر در این فیلترها ماسه های کوارتز و شن می باشد که قابلیت جایگزینی با هر ماده مقاوم مکانیکی غیر محلول و تمیز را دارند . (Graham , 1998)

استفاده از دانه بندی مرحله ای در فیلترهای HRF باعث نفوذ بهتر ذرات به عمق فیلتر می شود و علت افزایش ظرفیت این فیلترها به دلیل ذرات درشت دانه و راندمان بالای حذف آنها در اثر ذرات ریز دانه بستر می باشد . (Booler , 1993)

نمونه ای از دانه بندی فیلترهای درشت دانه افقی را می توان به صورت جدول زیر بیان داشت .

شرح نوع فیلتر	اندازه ذرات (میلیمتر) [9]		
	قسمت اول	قسمت دوم	قسمت سوم
درشت	۲۴ - ۱۶	۱۲ - ۱۸	۶ - ۱۲
متوسط	۱۲ - ۱۸	۸ - ۱۲	۴ - ۸
ریز	۱۲ - ۸	۸ - ۴	۴ - ۲

فرایند حذف در صافی های درشت دانه افقی :

اصلی ترین فرایند حذف در صافی های درشت دانه با جریان افقی فرایند ته نشینی می باشد و بالاترین درصد حذف مواد از این طریق در محفظه اول رخ می دهد . در محفظه های دوم و سوم صافی علاوه بر آن ، فرایند های دیگر حاکم بر صافی های با بستر طولانی (عمیق) (Deep Bed Filtration) نیز موثرند.

در ادامه فرایند ته نشینی و با تجمع مواد رسوبی روی سطوح مفید مواد فیلتری سطح مقطع جریان در مجاری متخلخل کوچکتر شده و سرعت جریان افزایش می یابد ، ازدیاد و قدرت شویندگی جریان و ضعیف شدن چسبندگی مواد رسوبی ، گندهای رسوبی تخریب شده و مواد رسوبی از لایه های بالایی به لایه های پائین تر و نهایتاً به منطقه پائین واریز می گردند .

براساس تجربیات بدست آمده توسط محققین و داده های حاصل از تصفیه خانه های در دست بهره برداری راندمان حذف کدورت و مواد معلق در فیلترهای درشت دانه با جریان افقی ۷۰ تا ۹۰ درصد می باشد که متوسط ۷۵ درصد منظور می گردد [1].

کارایی این فیلترها در کاهش کدورت آب ورودی فیلترهای کند ماسه ای [2] ، کاهش بار آلی ورودی اولیه در تصفیه مانند اکسیداسیون و یا لجن فعال و همچنین کاهش بار آلی سنگین فاضلابهای صنعتی [3] ، حذف ذرات رس از سیال [1] ، حذف مواد آلی از آب به کمک پودر کربن فعال [1] ، حذف ذرات معلق و کلیفرمها [4] و ... توسط محققین مختلف مورد ارزیابی و تایید قرار گرفته است .

شستشوی فیلترهای درشت دانه :

به طور کلی روش مناسب شستشوی صافی های درشت دانه بایستی دارای خصوصیات زیر باشد :

- رسوبات جمع شده روی دانه ها و لایه های زیرین صافی را به طور موثر جدا کرده و از طریق زهکش کف از آن خارج نماید .
- بهره برداری از آن ساده و کم هزینه باشد .
- تجهیزات هیدرولیکی و الکتریکی آن قابل قبول باشد .
- نیاز به حداقل انرژی مصرفی داشته باشد .
- تلفات آب در فرایند شستشو قابل قبول باشد .

در نسل اول صافی های درشت دانه برای تمیز کردن بستر ، مواد فیلتری را به صورت دستی از آن خارج کرده و پس از شستشو مجدداً به صافی بر می گردانند . لیکن در نسلهای بعدی تمیز کردن هیدرولیکی رایج گردید . در این روش صافی دارای یک سیستم زهکش زیرین شامل تعدادی لوله های مشبک در کف می باشد که در انتهای هر کدام شیر کنترلی نصب می گردد و برای شستشوی صافی ابتدا آن را پر کرده و ارتفاع آب را بالاتر از سطح مواد فیلتری می رسانند و سپس با باز کردن شیرهای جریان ، شستشو برقرار می گردد . نیروهای هیدرواستاتیکی و اغتشاش به وجود آمده در مجاری بین مواد فیلتری باعث جدا شدن مواد باقیمانده روی سطح مواد فیلتری ، انتقال آن به کف و تخلیه همراه رسوبات جمع شده در کف می باشد . عمل شستشو تا رسیدن به کیفیت پساب در حد کدورت آب خام ورودی برای شستشو ادامه می یابد .

مقایسه روشهای جایگزین و نتیجه گیری :

با بررسی روشهای جایگزین استفاده از مخازن ته نشینی ثانویه در تصفیه به روش لجن فعال مشخص می شود که صافی های درشت دانه افقی HRF در مقایسه با سیستمهای MBR دارای مزایایی هستند که این مزایا می تواند توجه به استفاده از آنها و بررسی سایر خصوصیات تصفیه ای آنها را برجسته سازد . این صافی ها مشکل گرفتگی زودرس مصالح مورد استفاده را ندارند ، قابلیت شستشوی آنها در مقایسه با سیستمهای MBR بسیار ساده تر بوده و نیاز به تعویض پریودیک مصالح آنها وجود ندارد ، مصالح بستر آنها در مقایسه با سیستمهای MBR ارزان تر بوده و مصرف انرژی آنها به دلیل عدم استفاده از تجهیزات الکترومکانیکی پائین تر می باشد . تنها نقطه ضعف این صافی ها نیاز به سطح زمین بیشتر جهت احداث می باشد . فلذا با توجه به مشکلات بهره برداری موجود در تصفیه خانه های فاضلاب بالاحص سیستمهای تصفیه ای به روش لجن فعال و هزینه های بالای نیروی انسانی و انرژی و همچنین توجه به استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه ها به دلیل محدودیت منابع آب استفاده از صافی های درشت دانه افقی HRF می تواند نوید بخش چشم انداز روشنی در صنعت بهره برداری تصفیه خانه های فاضلاب قلمداد گردد.

واژه نامه :

HRF : Horizontal Roughing filter

SRT : Sellular Retention Time

SS : Suspended Solids

TSS : Total Suspended Solids

DO : Oxygen Demand

MBR : Membrane Bio Reactor

مراجع :

۱- فاضلی ،مجتبی ، تدقیق مبانی طراحی و توسعه فیلترهای درشت دانه با جریان افقی ، رساله دکترا ، ۱۳۷۵

۲- رشیدی مهرآبادی ،عبدال... ، ارزیابی کارایی فیلتراسیون درشت دانه با جریان افقی در حذف کدورت از آب

3- Operation of wastewater treatment,volum I chapter 6 , 4th edition.

4- Stephen J . et al ,2001. Clay removal in basaltic and limestone horizontal roughing filter.

5- Dome Sittivate , 2000 , How to stimate and design the filter run duration a Horizontal Roughing Filter.

6- T.wintgens . et al , 2003 , Modeling of a membrane bioreactor system for municipal wastewater treatment.

7- Jae-Hoon Choi . et al , 2007, Effect of membrane type and material on performance of a submerged membranre biorector.

8- J.Otton . et al , 2006, Removal of viruses, parasitic,protozoa and microbial indicators in conventional and membrane process in a wastewater pilot plant.

9- Evaluation of a roughing filtration for pre-treatment of stormwater prior to aquifer storage and recovery (ASR).

10- Mohd Nordin Adlan, et al . Horozontal flow RF for removals of T& coliforms.

۱۱- بیوتکنولوژی زیست محیطی ، مبانی و کاربردها. بروس ای. ریتمن و پری ال. مکارتی ترجمه ایوب ترکیان و مهدی احمدی