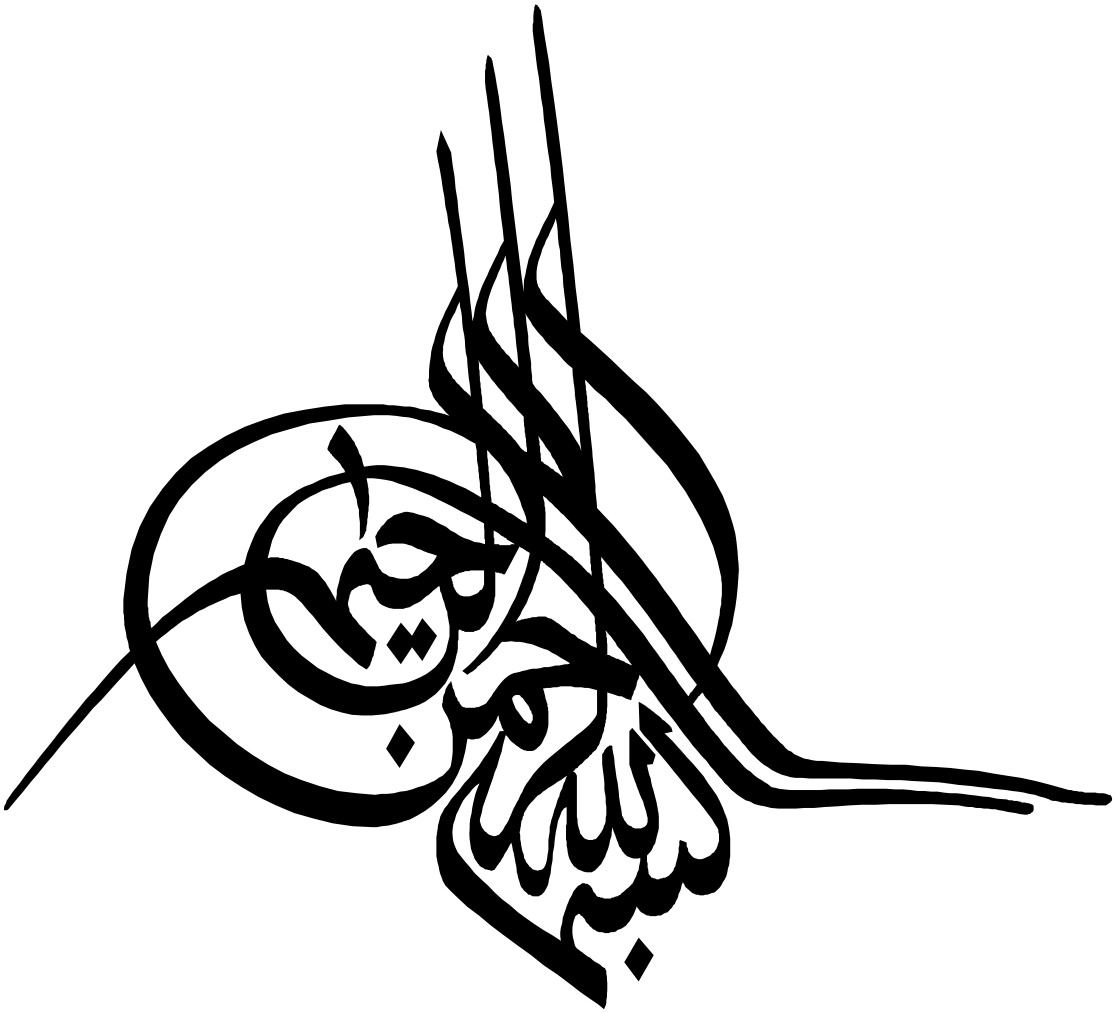

بسم الله الرحمن الرحيم

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران- گرایش محیط زیست

عنوان

بررسی راندمان نانوفیلتراسیون در کاهش بار آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی از کروم و مس

اساتید راهنما

جناب آقای دکتر مجید احتشامی

جناب آقای دکتر محمدرضا صبور

نگارنده

محمدعلی جیوار

سال تحصیلی ۹۲-۱۳۹۱

فرم شماره ۲

تأسیس ۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تائید هیات داوران

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان بررسی راندمان نانوفیلتراسیون در کاهش بار آلودگی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی) توسط آقای محمدعلی جیوار صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه دکتری / کارشناسی ارشد در مهندسی عمران گرایش محیط زیست مورد تائید قرار می دهند.

۱- استاد راهنما مجید احتشامی	آقای دکتر مجید احتشامی	امضاء
۲- استاد راهنما	آقای دکتر محمدرضا صیدایی	امضاء
۳- استاد مشاور	آقای دکتر	امضاء
۴- ممتحن خارجی	آقای دکتر ناصر مرداری	امضاء
۵- ممتحن خارجی	آقای دکتر	امضاء
۶- ممتحن داخلی	آقای دکتر سیامک یوداله پور	امضاء
۷- ممتحن داخلی	آقای دکتر	امضاء
۸- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	آقای دکتر	امضاء

دانشکده عمران

تاریخ:

ی دکتر امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب محمدعلی جیرار **دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته** مهندسی عمران

گرایش محیط زیست **دانشکده** عمران و نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

"بررسی آبخوان آبرفتی اسپیران در کاهش آبدهی منابع آب زیرزمینی ان کرم دس"

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر احتشامی و جناب آقای دکتر صبور، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ: ۹۲/۰۶/۳۱

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	شماره: تاریخ:

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

* **توجه:**
این فرم می‌بایست پس از تکمیل، در نسخ تکثیر شده قرار داده شود.

تشکر و قدردانی

سپاس و آفرین آن پادشا را *که گیتی را پدید آورد و ما را*

به پیروی از آیین پسندیده نگارش و نه تنها بر حسب وظیفه آغاز نوشتار خود را به سپاس و قدردانی از مهربانانی اختصاص می‌دهم که بی‌دریغ با گام‌های نوپای من در این راه نه چندان هموار صبوری کردند. چه از باب "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" نیز قدرشناسی نه تنها زیبنده که وظیفه‌ای الهی است، هر چند که مکنونات قلبی‌ام در چند واژه کوتاه نمی‌گنجد.

در ابتدا از دو فرشته همواره همراهم، دو معلم بخشنده‌ام، مادر همیشه مهربانم و پدر عالم و بزرگوارم که عشق و راهنمایی‌هایشان در تمامی مراحل زندگی دلگرم‌کننده و روشنی‌بخش مسیرم بوده سپاسگزارم و تا ابد وامدار لطف و ایثار بی‌انتهایشان خواهم بود، باشد که فرزندی باشم آن‌چنان که بتوانم پاسخگوی خستگی‌هایشان شوم.

از اساتید گرانقدرم، جناب آقای دکتر مجید احتشامی که نه فقط با عنوان استاد راهنما، بلکه پا به پای من با این پژوهش همراه بودند و صبر و حوصله ایشان به من فرصت درک روح تحقیق را داد، اینکه چگونه با پاسخ هایی که مورد انتظارم نیست مواجه شوم، اینکه "چشم‌هایم را بشویم"، چه برای دیدن نتایج یک پژوهش و چه برای مواجهه با آنچه زندگی می‌نامیم. از ایشان بسیار بسیار سپاسگزارم.

و نیز جناب آقای دکتر محمدرضا صبور دیگر راهنما و استاد بزرگواری که دلسردی‌های گاه به گاه را که چونان خار مغیلان در مسیرم رشد می‌کرد با لطف و شکیب و دلگرمی می‌زدودند، سپاسگزار و متشکرم. دلسردی در سایه لطف بی‌کرانشان معنایی نداشت چونان که حافظ به زیبایی گفته: "چون تو را نوح است کشتی‌بان ز طوفان غم نخور". امیدوارم نتیجه این تحقیق مورد قبول ایشان نیز واقع گردد.

و در انتها از یاران عزیزم خانم مهندس شب‌ناز لاجوردی‌زاده و آقای مهندس نادر بیگلری‌جو که هر یک به نوعی با همدلی و همکاری در تصحیح این پایان‌نامه یاری‌ام دادند و از اظهار نظرهای علمی و دقیقشان نهایت استفاده را بردم، تشکر می‌نمایم.

چکیده

امروزه نیازها و فشارهای موجود برای تامین آب با کیفیت بالا، هرچه بیشتر از پیش احساس می‌شود. در این راستا، با هدف تصفیه آب‌های زیرزمینی و پاکسازی آن از فلزات سنگین (کروم و مس) به منظور جلوگیری از به هدر رفتن این ماده با ارزش و گران قیمت (آب) از یک طرف و کنترل آلودگی محیط زیست از طرف دیگر، روش‌های مختلف پاکسازی آب، بررسی و با توجه به نوین بودن روش‌های غشائی و بالاخص نانوفیلتراسیون، راندمان حذف فلزات سنگین (کروم و مس) توسط این روش، در این تحقیق بررسی گردیده است.

تحقیق در دو فاز حذف کروم و مس به طور جداگانه انجام شد. به منظور ساخت نمونه‌های آب زیرزمینی، از آب شهری با TDS حدود ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده گردید و برای آب‌های آلوده به کروم، پودر کروم و برای آب‌های آلوده به مس، سولفات مس پنج آبه به نمونه‌ها اضافه گردید.

در هر فاز آزمایش، ابتدا با تغییر فشار عملیاتی دستگاه در غلظت و pH ثابت، اثر فشار بر حذف فلزات سنگین بررسی و فشار بهینه فرآیند بدست آمد. سپس با قراردادن فشار بهینه به عنوان فشار عملیاتی دستگاه، حذف فلزات سنگین در pHهای مختلف بررسی گشت و متعاقبا pH بهینه نیز برای فرآیند بدست آمد. در مرحله آخر، با تغییر غلظت‌ها در فشار و pH بهینه، اثر تغییرات غلظت بر فرآیند حذف فلزات سنگین بررسی گردید.

فشار بهینه برای هر دو فرآیند حذف کروم و مس برابر ۷/۵ بار و میزان pH بهینه برای فرآیند حذف کروم ۶/۳ و برای فرآیند حذف مس ۶/۷ بدست آمد. اثر تغییرات غلظت بر راندمان حذف کروم و مس در فشار و pH بهینه را نیز به طور کلی، می‌توان به صورت خطی و ثابت درنظر گرفت.

کلمات کلیدی: تصفیه آب، کروم، مس، آب‌های زیرزمینی، نانوفیلتراسیون (NF)

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱-۰

۱-۱- آب ۱-۱

۱-۱-۱- آب‌های زیرزمینی ۱-۱

۱-۲- روش‌های تصفیه آب ۱-۲

۱-۲-۱- روش‌های سنتی ۱-۲

۱-۲-۲- روش‌های نوین (فرآیندهای غشائی) ۱-۳

۱-۳- فلزات سنگین ۱-۴

۱-۳-۱- کروم ۱-۴

۱-۳-۲- مس ۱-۵

۱-۴- نانوفیلتراسیون ۱-۶

۱-۵- ضرورت انتخاب موضوع ۱-۷

۱-۶- اهداف تحقیق ۱-۸

۱-۶-۱- هدف کلی : ۱-۸

۱-۶-۲- اهداف جزئی: ۱-۸

۱-۷- ساختار پایان‌نامه ۱-۹

۲- مبانی تئوری و مروری بر کارهای گذشته ۲-۱۰

۲-۱- ممبران (غشاء نیمه‌تراوا) ۲-۱۱

۲-۱-۱- مکانیزم‌های جداسازی در ممبران‌ها ۲-۱۱

۲-۱-۲- تقیسم‌بندی ممبران‌ها ۲-۱۲

۲-۱-۳- مدول‌های غشائی ۲-۱۶

۲-۲- انواع فرآیندهای غشائی ۲-۱۸

۲-۲-۱- اسمزمعکوس ۲-۱۹

۲-۲-۲- نانوفیلتراسیون ۲-۲۱

۲-۲-۳- اولترافیلتراسیون ۲-۲۲

۲-۲-۴- میکروفیلتراسیون ۲-۲۲

۲-۳- انتخاب فرآیند غشائی ۲-۲۳

۲-۴- شرایط محیطی لازم برای عملکرد مناسب غشاءها ۲-۲۴

۲-۵- اجزای یک سیستم غشائی ۲-۲۵

۲-۶- عملکرد غشاءهای نانوفیلتراسیون ۲-۲۶

۲-۷- از رده خارج شدن غشاءها ۲-۲۸

۲-۷-۱- رسوب گرفتگی غشاء ۲-۲۹

۲-۷-۲- *آلودگی ناشی از اکسیداسیون روی غشاء* ۲-۳۰
۲-۷-۳- *آلودگی ناشی از رشد بیولوژیکی* ۲-۳۰
۲-۸- قطبش غلظت ۲-۳۱
۲-۹- تمیز کردن غشاءها ۲-۳۱
۲-۹-۱- *روش‌های پاکسازی هیدرولیکی* ۲-۳۲
۲-۹-۲- *روش‌های پاکسازی مکانیکی* ۲-۳۲
۲-۹-۳- *روش‌های پاکسازی الکتریکی* ۲-۳۲
۲-۹-۴- *روش‌های پاکسازی شیمیایی* ۲-۳۳
۲-۱۰- مزایا و معایب استفاده از غشاءها در تصفیه ۲-۳۳
۲-۱۰-۱- *مزایا* ۲-۳۳
۲-۱۰-۲- *معایب* ۲-۳۵
۲-۱۱- طراحی غشاءها ۲-۳۵
۲-۱۲- پیشینه تحقیق ۲-۳۶
۲-۱۲-۱- *تحقیقات داخلی:* ۲-۳۷
۲-۱۲-۲- *تحقیقات خارجی:* ۲-۴۱
۳- روش تحقیق ۳-۴۴
۳-۱- مواد بکار رفته برای انجام آزمایش‌ها ۳-۴۵
۳-۲- اندازه‌گیری ۳-۴۷
۳-۳- روش انجام آنالیز ۳-۵۰
۳-۴- ساخت محلول‌های استاندارد و استفاده از معرف‌ها ۳-۵۱
۳-۵- ساخت و راه‌اندازی دستگاه آزمایشگاهی ۳-۵۲
۳-۶- مراحل آزمایش ۳-۵۷
۳-۶-۱- *فاز اول: حذف کروم* ۳-۵۷
۳-۶-۲- *فاز دوم: حذف مس* ۳-۵۸
۳-۷- شستشوی غشاء ۳-۶۰
۴- نتایج و یافته‌های تحقیق و تحلیل آن‌ها ۴-۶۱
۴-۱- فاز اول (حذف کروم) ۴-۶۲
۴-۱-۱- *حذف در pH و غلظت ثابت* ۴-۶۲
۴-۱-۲- *اثر فشار عملیاتی بر فرآیند تصفیه کروم* ۴-۶۴
۴-۱-۳- *حذف در فشار بهینه* ۴-۶۵
۴-۱-۴- *اثر pH بر فرآیند تصفیه کروم* ۴-۶۷
۴-۱-۵- *بررسی تغییرات غلظت* ۴-۶۸
۴-۱-۶- *اثر غلظت بر فرآیند تصفیه کروم* ۴-۷۰

۴-۲- فاز دوم (حذف مس) ۴-۷۱
۴-۲-۱- حذف در pH و غلظت ثابت ۴-۷۱
۴-۲-۲- اثر فشار عملیاتی بر فرآیند تصفیه مس ۴-۷۳
۴-۲-۳- حذف در فشار بهینه ۴-۷۵
۴-۲-۴- اثر pH بر فرآیند تصفیه مس ۴-۷۶
۴-۲-۵- بررسی تغییرات غلظت ۴-۷۷
۴-۲-۶- اثر غلظت بر فرآیند تصفیه مس ۴-۷۹
۵- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات ۵-۸۱
۵-۱- کلیات ۵-۸۲
۵-۲- نتیجه‌گیری ۵-۸۴
۵-۳- پیشنهادات ۵-۸۶
۶- منابع و مآخذ ۶-۸۷

فهرست شکل‌ها

فصل اول

شکل ۱-۱: مراحل تصفیه آب به روش سنتی ۱-۳

فصل دوم

شکل ۲-۱: مکانیزم جداسازی در ممبران‌ها ۲-۱۲
شکل ۲-۲: ساختار ممبران‌ها ۲-۱۳
شکل ۲-۳: آرایش مولکولی پلی‌آمیدها ۲-۱۵
شکل ۲-۴: مدول غشاء مارپیچی ۲-۱۷
شکل ۲-۵: خوراک و محصول فرآیندهای غشائی ۲-۱۹
شکل ۲-۶: نمودار روش اسمز معکوس ۲-۲۰

فصل سوم

شکل ۳-۱: ترازوی دیجیتال مورد استفاده در آزمایش ۳-۴۵
شکل ۳-۲: ظرف ساخت نمونه‌ها (بشکه ۲۰۰ لیتری) ۳-۴۶
شکل ۳-۳: پودر اکسید کروم به کار رفته در آزمایش ۳-۴۶
شکل ۳-۴: پودر سولفات مس (II) ۵ آبه، به کار رفته در آزمایش ۳-۴۷
شکل ۳-۵: دستگاه اسپکتروفتومری مورد استفاده در آزمایش ۳-۴۸
شکل ۳-۶: محدوده قابل اندازه‌گیری کروم (۰/۰۲ تا ۲ میلی‌گرم در لیتر) ۳-۴۸
شکل ۳-۷: محدوده قابل اندازه‌گیری مس (۰/۰۵ تا ۵ میلی‌گرم در لیتر) ۳-۴۹
شکل ۳-۸: دستگاه اندازه‌گیری pH ۳-۴۹
شکل ۳-۹: دستگاه اندازه‌گیری TDS و دما ۳-۴۹
شکل ۳-۱۰: نمونه آب حاوی کروم بعد از اضافه کردن پودر معرف قبل و بعد از فرآیند ۳-۵۰
شکل ۳-۱۱: نمونه آب حاوی مس بعد از اضافه کردن قرص معرف قبل و بعد از فرآیند ۳-۵۱
شکل ۳-۱۲: پودر معرف کروم ساخت شرکت Lovibond آلمان ۳-۵۱
شکل ۳-۱۳: قرص معرف مس ساخت شرکت Lovibond آلمان ۳-۵۲
شکل ۳-۱۴: غشاء نانوفیلتر Filmtec مدل NF90-4040 ..... ۳-۵۳
شکل ۳-۱۵: الگوی جریان در غشاء ۳-۵۳
شکل ۳-۱۶: فشارسنج‌ها و فلومترهای تعبیه شده در سیستم پایلوت ۳-۵۴
شکل ۳-۱۷: نمای کلی از پایلوت سیستم غشائی (نانوفیلتراسیون) ۳-۵۵
شکل ۳-۱۸: فیلترهای ۱ میکرونی و کلر آزاد تعبیه شده در سیستم ۳-۵۵
شکل ۳-۱۹: تابلو برقِ سیستم ۳-۵۵
شکل ۳-۲۰: مدول حاوی غشاء نانوفیلتر ۳-۵۶
شکل ۳-۲۱: پمپ اولیه، ورودی مخزن به سیستم پیش تصفیه ۳-۵۶

شکل ۳-۲۲: پمپ ۱۶ بار، ورودی غشاء و لوله‌های مربوطه ۳-۵۶
شکل ۳-۲۳: کروم اکسید محلول در آب ۳-۵۸
شکل ۳-۲۴: سولفات مس (II) پنج آبه آماده شده برای افزودن به آب ۳-۵۹
شکل ۳-۲۵: هیدروکلریدریک اسید ۳۷٪ ۳-۶۰

فصل چهارم

شکل ۴-۱: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف کروم ۴-۶۳
شکل ۴-۲: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف مواد جامد محلول ۴-۶۳
شکل ۴-۳: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف کروم (همراه با برازش منحنی) ۴-۶۵
شکل ۴-۴: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف کروم ۴-۶۶
شکل ۴-۵: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف مواد جامد محلول ۴-۶۷
شکل ۴-۶: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف کروم (همراه با برازش منحنی) ۴-۶۸
شکل ۴-۷: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف کروم ۴-۶۹
شکل ۴-۸: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف مواد جامد محلول ۴-۷۰
شکل ۴-۹: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف کروم (همراه با برازش خطی) ۴-۷۰
شکل ۴-۱۰: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف مس ۴-۷۳
شکل ۴-۱۱: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف مواد جامد محلول ۴-۷۳
شکل ۴-۱۲: نمودار اثر تغییرات فشار بر حذف مس (همراه با برازش منحنی) ۴-۷۴
شکل ۴-۱۳: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف مس ۴-۷۶
شکل ۴-۱۴: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف مواد جامد محلول ۴-۷۶
شکل ۴-۱۵: نمودار اثر تغییرات pH بر حذف مس (همراه با برازش منحنی) ۴-۷۷
شکل ۴-۱۶: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف مس ۴-۷۸
شکل ۴-۱۷: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف مواد جامد محلول ۴-۷۹
شکل ۴-۱۸: نمودار اثر تغییرات غلظت بر حذف مس (همراه با برازش خطی) ۴-۷۹

فهرست جدول‌ها

فصل اول

جدول ۱-۱: مواردی از استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱-۶

فصل دوم

جدول ۲-۱: پیشرفت‌های فن‌آوری اسمز معکوس در گذر زمان..... ۲-۲۰

جدول ۲-۲: نمونه هایی ازکاربرد های فرآیند های غشائی..... ۲-۲۴

جدول ۲-۳: تعدادی از تحقیقات انجام شده در زمینه حذف فلزات سنگین از آب..... ۲-۳۶

فصل سوم

جدول ۳-۱: شرایط استاندارد بهره‌برداری غشاءهای Filmtec..... ۳-۵۲

فصل چهارم

جدول ۴-۱: آزمایشات سری ۱ (pH ثابت) برای نمونه‌های آلوده به کروم‌اکسید..... ۴-۶۲

جدول ۴-۲: آزمایشات سری ۲ (فشار ثابت) برای نمونه‌های آلوده به کروم‌اکسید..... ۴-۶۶

جدول ۴-۳: آزمایشات سری ۳ (فشار و pH ثابت) برای نمونه‌های آلوده به کروم‌اکسید..... ۴-۶۹

جدول ۴-۴: آزمایشات سری ۱ (pH ثابت) برای نمونه‌های آلوده به سولفات مس..... ۴-۷۲

جدول ۴-۵: آزمایشات سری ۲ (فشار ثابت) برای نمونه‌های آلوده به سولفات مس..... ۴-۷۵

جدول ۴-۶: آزمایشات سری۳ (فشار و pH ثابت) برای نمونه‌های آلوده به سولفات مس..... ۴-۷۸

۱- مقدمه

امروزه در جهان بسیاری از مردم به دلایل بلایای طبیعی، جنگ و زیرساخت‌های ضعیف خالص‌سازی آب، به آب بهداشتی دسترسی ندارند. حدود یک میلیارد نفر به منابع آبی دسترسی ندارند. روزانه تعداد زیادی کودک به علت مبتلا شدن به امراض ناشی از مصرف آب غیر بهداشتی می‌میرند. تمام تلاش محققین این است که با کمک روش‌ها و فناوری‌های جدید بتوانند این مشکلات را کاهش دهند. [۱]

۱-۱- آب

آب یکی از ضروری ترین عناصر حیات بر روی زمین است و اگر چه بیش از ۷۰ درصد از سطح کرهٔ زمین با آب پوشیده شده است اما کمتر از ۳ درصد از آن آب شیرین می‌باشد. از این مقدار ۷۹ درصد به قله‌های یخی تعلق دارد، ۲۰ درصد آن آب‌های زیرزمینی است که به راحتی قابل دسترسی نمی‌باشد و فقط ۱ درصد آن شامل دریاچه‌ها و رودخانه‌ها و چاه‌ها می‌باشد که به راحتی به دست می‌آید. به بیان دیگر در مجموع در هر زمان تنها یک ده هزارم از کل آب‌های کره زمین به سادگی در دسترس انسان قرار دارد. [۲]

انتظار می‌رود جمعیت جهان در طی سی تا پنجاه سال آینده با مشکل جدی آب روبرو شود. [۳]

۱-۱-۱- آب‌های زیرزمینی

بخشی از بارش‌های برف و باران که به اعماق زمین نفوذ کرده‌اند، در اثر حفاری و تامین مسیر عبور آب، مانند قنات‌ها و چاه‌ها، در اختیار قرار می‌گیرند که مانند آب‌های سطحی (نهرها و رودخانه‌ها) در حرکتند و از آن‌ها به عنوان آب‌های زیرزمینی یاد می‌شود. با اینکه نوع و میزان مواد موجود در آب‌های زیرزمینی، بستگی به مسیر عبور آب دارد، ولی به طور کلی ویژگی‌های زیر را می‌توان درمورد آن‌ها بیان کرد:

- مواد معلق در آن‌ها بسیار کم است.
- مواد آلی موجود در آن‌ها در نقاط مختلف فرق می‌کند و ممکن است حاوی نفت، روغن و فلزات سنگین باشند.
- ممکن است دارای ذرات شن باشند.
- حاوی آهن و منگنز محلول هستند.
- ممکن است دارای دی‌اکسیدکربن زیاد باشند.
- pH آن‌ها در حدود ۷/۹ – ۶/۴ می‌باشد.
- دارای املاح زیاد (در حدود ۸۰۰ ppm) هستند که بیشترین آن بی‌کربنات کلسیم است.

- معمولا سخت هستند.
- آب چاه‌های خیلی عمیق عاری از میکروب‌ها و دیگر ارگانیسم‌ها می‌باشد ولی آب چاه‌های کم‌عمق معمولا آلوده به میکروارگانیسم‌ها است. [۴]

۱-۲- روش‌های تصفیه آب

در تصفیه آب معمولاً دو شیوه اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

روش‌های سنتی و روش‌های نوین که شامل استفاده از غشاءها و فناوری نانو می‌باشد.

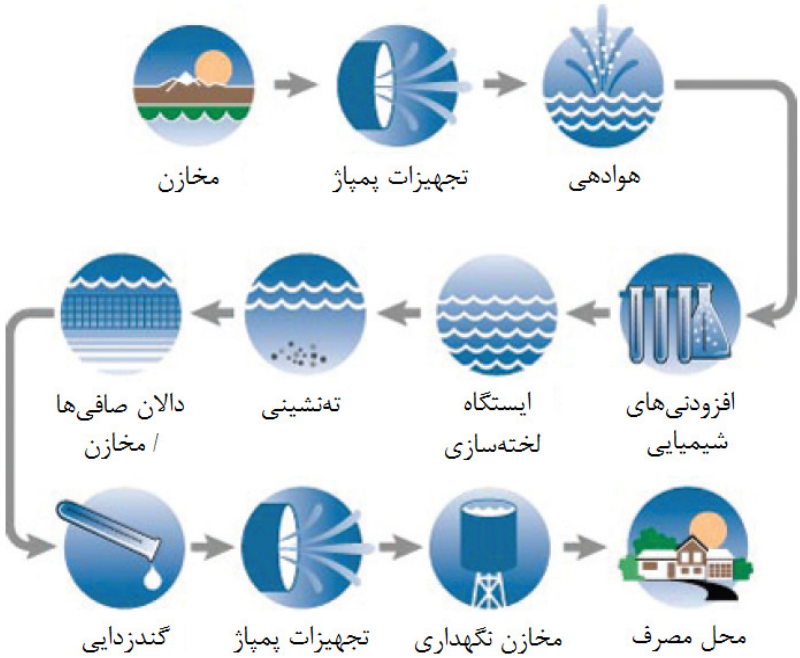
۱-۲-۱- روش‌های سنتی

مراحل تصفیه در روش سنتی شامل مراحل ذیل می باشد:

۱- عملیات پیش تصفیه، ۲- منعقد شدن ذرات (از دست دادن بار ذرات آلاینده)، ۳- فلوکولاسیون (به هم پیوستن ذرات منعقد شده و تشکیل ذرات بزرگتر)، ۴- رسوب گذاری، ۵- گندزدایی، ۶- هوادهی، ۷- صافی کردن. (شکل ۱-۱)

شیوه‌های سنتی تصفیه آب علاوه‌بر زمان‌بر بودن، دارای معایبی است که برخی از آن معایب عبارتند از: [۵]

- کارا نبودن یک فرآیند به تنهایی برای حذف تمامی آلودگی‌ها
- دشواری در جابجایی وسایل و تجهیزات فرآیندها و وابستگی فرآیندها به یکدیگر
- کاهش بازدهی برخی فرآیندها با افزایش دبی (نظیر فیلترهای کربن فعال)
- حساسیت زیاد نسبت به شرایط فیزیکی و شیمیایی آب
- هزینه بهره‌برداری بالا
- استفاده از مواد شیمیایی



شکل ۱-۱: مراحل تصفیه آب به روش سنتی

۱-۲-۲- روش‌های نوین (فرآیندهای غشائی)

فرآیندهای غشائی در واقع فیلترهایی هستند که حذف مواد آلاینده در آن‌ها بوسیله صاف شدن مکانیکی و یا جذب الکترواستاتیکی صورت می‌پذیرد. به عبارت دیگر در عبور آب از این غشاءها، یون‌های محلول با قطر بزرگتر از قطر منافذ غشاء امکان عبور از آن را نیافته و آب عبوری عاری از این مواد می‌گردد. اصول کار به گونه‌ای است که با عبور جریان (آب ورودی) بخشی از جریان از غشاء عبور کرده (جریان تصفیه شده) و بخش دیگری از جریان از آن پس زده می‌شود (جریان پساب). فیلترهای غشائی دارای امتیاز حذف بسیاری از آلاینده‌ها از جمله باکتری‌ها، املاح و فلزات سنگین از آب می‌باشند.

فرآیندهای غشائی را می‌توان با توجه به نیروی محرکه، پیکربندی و نوع غشاء و مکانیزم قابلیت‌های حذف، در گروه‌های مختلف دسته‌بندی کرد. فرآیندهای غشائی در صنعت آب کاربردهای متفاوتی از قبیل نمک‌زدایی، نرم‌سازی، حذف مواد آلی محلول و رنگ، حذف فلزات سنگین، حذف میکروب‌ها و ذرات و برخی مواد دیگر دارد. فرآیندها و تکنولوژی غشائی بیش از ۳۰ سال است که به شکل تجاری در دسترس قرار دارد، و به سرعت در حال تغییر و بهبود است. [۶]

این روش‌های تصفیه که بر پایه استفاده از غشاءها می‌باشد بر حسب اندازه مولکولی حل شده در محلول به چهار نوع فرآیند تقسیم‌بندی می‌شود. [۷]

میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمزمعکوس اسامی این چهار فرآیند می‌باشد که در فصول بعد به توضیح آنها پرداخته می‌شود.

۱-۳- فلزات سنگین

از جمله آلاینده‌های مهم و متداول در آب‌های زیرزمینی، فلزات سنگین است. این آلاینده‌ها می‌توانند دارای منشا طبیعی (زمین‌شناختی) باشند و یا از طریق فعالیت‌های انسانی ایجاد گردند. در جدول تناوبی به فلزات گروه ۳ تا ۱۶ در تناوب ۴ و ۴ به بعد، فلزات سنگین می‌گویند. [۸]

از جمله این فلزات می‌توان به دو عنصر کروم و مس اشاره نمود.

۱-۳-۱- کروم

کروم یکی از عناصر جدول تناوبی است که دارای نشان Cr و عدد اتمی ۲۴ می‌باشد.

کروم به شکل سنگ معدن کرومیت (H_2CrO_4) استخراج می‌شود. این عنصر را بصورت تجاری با حرارت دادن سنگ معدن در حضور آلومینیوم یا سلیکون تهیه می‌کنند. تقریبا نیمی از سنگ معدن کرومیت جهان در آفریقای جنوبی تولید می‌شود. البته قزاقستان، هند و ترکیه نیز از تولیدکنندگان عمده آن هستند. مقدار کرومیت استخراج نشده بسیار زیاد است اما از نظر جغرافیایی در قزاقستان و آفریقای جنوبی متمرکز هستند. اگرچه وجود کروم خالص بسیار نادر است ولی مقادیری کروم خالص در روسیه کشف شده است. [۹]

ترکیبات کروم شش ظرفیتی سرطان‌زا است و بر روی بافت‌های بدن، اثرات مخربی دارد و استنشاق آن در دراز مدت می‌تواند باعث ایجاد سرطان شود. [۱۰]

۱-۳-۲- مس

مس یکی دیگر از عناصر جدول تناوبی است که نشان آن Cu و عدد اتمی آن ۲۹ می‌باشد.

مس فلز نسبتاً قرمز رنگی است که از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالایی برخوردار است. (در بین فلزات خالص، تنها خاصیت هدایت الکتریکی نقره در حرارت اتاق از مس بیشتر است) چون قدمت مصنوعات مسی کشف شده به ۸۷۰۰ سال قبل از میلاد برمی‌گردد، احتمالاً این فلز قدیمی‌ترین فلز مورد استفاده انسان می‌باشد. مس علاوه براینکه در سنگ‌های معدنی گوناگون وجود دارد، به حالت خالص نیز یافت می‌شود. این فلز را یونانیان تحت عنوان کالکس (Chalkos) می‌شناختند. چون مقدار بسیار زیادی از این فلز در قبرس استخراج می‌شد رومیان آن را کیپریوم (Cyprium) یا فلز قبرس می‌نامیدند. بعدها این واژه به فرم ساده‌تر کاپروم (Cuprum) درآمد و در نهایت انگلیسی شده و به لغت مس (Copper) تبدیل شد. [۱۱]

وجود مس برای کلیه گیاهان و حیوانات عالی ضروری می‌باشد. مس در آنزیم‌های متنوعی وجود دارد و فلز اصلی در رنگدانه حامل اکسیژن (هموسیانین[۱]) است. میزان مصرف مجاز روزانه مس در بزرگسالان سالم ۰/۹ میلی‌گرم و در زنان باردار ۱ میلی‌گرم در روز می‌باشد. وجود کانی‌های مس در آب لوله‌کشی از رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کند، اما وجود مس به مقدار بالا باعث ایجاد بیماری‌هایی از قبیل کم‌خونی، تغییرات در استخوان‌ها، افزایش کلسترول و سبز شدن رنگ موها در بدن و نیز گاهی منجر به مرگ می‌شود. [۱۲]

بر اساس استاندارد آب شرب[۲]، مطابق جدول ۱-۱، حداکثر مقدار مطلوب و مجاز برای کروم به ترتیب صفر و ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر و برای مس به ترتیب ۰/۰۵ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. همچنین میزان کل جامدات محلول[۳] مجاز برابر ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و مقدار مطلوب کل جامدات محلول

---

[1] hemocyanin

[۲] استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد ویژگی‌های آب آشامیدنی

[3] Total Dissolved Solids (TDS)

در آب در استاندارد ذکر نشده است. اما آنچه که مسلم است هرچقدر ناخالصی‌های محلول در آب کمتر باشد آب گواراتر و سالم‌تر خواهد بود. از طرفی کاهش کل جامدات محلول ممکن است تغییر طعم آب را به دنبال داشته باشد و از آنجا که طعم و مزه آب یک پارامتر نسبی است و برای مصرف‌کنندگان مختلف متفاوت است، آستانه تغییر مزه نیز قابل اندازه‌گیری نبوده و لذا در استاندارد ذکر نشده است. [۱۳]

جدول ۱-۱: مواردی از استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

پارامتر	حداکثر مطلوب (mg/lit)	حداکثر مجاز (mg/lit)
TDS	-	۱۵۰۰
کروم	صفر	۰/۰۵
مس	۰/۰۵	۱/۵

روش‌های مختلف و متعددی برای حذف و جداسازی یون‌های فلزات سنگین از محلول‌های آبی وجود دارد. از مهمترین روش‌هایی که برای این منظور استفاده می‌شوند می‌توان به رسوب‌دهی شیمیایی، تعویض یونی، اسمز معکوس، فرآیندهای غشایی، تبخیر، استخراج با حلال و جذب اشاره کرد.

اغلب این روش‌ها دارای معایبی از قبیل گرانی دستگاه‌ها و عملیات، تولید لجن یا سایر مواد زائد سمی، نیازمند به انرژی و فضای زیاد می‌باشند. از میان این روش‌ها، در سال‌های اخیر فناوری نانو، بدلیل اینکه روشی ساده و مؤثر برای حذف یون‌های فلزات سنگین در غلظت‌های کم و متوسط است، توجه علاقه‌مندان زیادی را به خود جلب کرده است. [۱۴]

۱-۴- نانوفیلتراسیون

نانوفیلتراسیون گونه‌ای از فرآیند فیلتراسیون است که طی چند سال گذشته رونق گرفته است. نانوفیلتراسیون یک فرآیند جداسازی به وسیله غشاء است که درآن از غشاءهای با حفرات در ابعاد نانو استفاده می‌شود.[۵]

محدوده کاربرد نانوفیلتراسیون بین فرآیندهای اسمزمعکوس و اولترافیلتراسیون قرار می‌گیرد. در نانوفیلتراسیون جداسازی براساس اندازه مولکول صورت می‌گیرد و مانند اسمزمعکوس فرآیندی فشاری است.