

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه زابل  
مدیریت تحصیلات تکمیلی  
دانشکده کشاورزی  
گروه آبیاری و زهکشی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی

عنوان:

## **بررسی مدل‌های ایزوترم جذب یون Ni (II) با استفاده از پوسته پسته و کربن فعال در زمان تعادل**

استاد راهنما:

دکتر زمان شامحمدی حیدری

استاد مشاور:

دکتر سید محمود طباطبائی

تهیه و تدوین:

مژده سالاری بردسیری

مهر ۸۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم  
آنانکه وجودم برایشان به ننج است  
و وجودشان برایم همه مهر  
توانشان رفت تابه توانایی برسم  
و میشان سپید کشت تا رویم سپید ماند  
آنانکه راستی قائم در شکستی قاتشان تجلی یافت  
آنانکه فروغ نگاهشان گرمی کلاشان و روشنی رویشان، سرمایه های جاودانی زندگی من است  
سرو وجودشان همیشه سبز و پایدار باد.

تقدیم به برادر عزیزم موهنر  
به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودش که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است.

تقدیم به خواهر و برادران عزیزم  
آنان که به تمامی، محبت و عاطفه هستند  
مرا یارای سپاس از زحماتشان نیست، مگر آرزوی شگوفاشدن بطن به بطن غنچه های خوشبختی شان.



## پاسکزاری

پاس و تپاش خدای راکه در بارش بی امان نعمت باو. بخشش بی انتهای الطافش، اگر زبان حمد و نگاه پاس را از انسان بازمی داشت، خلائق غرق در نعمت بی کلام شگری عمر می گذرانند و در کسره روزیشان، شکر دیدنی آوردند. و در این حال از حد انسانیت پای بیرون نهاده، به وادی حیوانیت کام می نهاده چنان که در قرآن، کتاب استوارش فرمود: "ایشان جز به چارپایان نمی مانند، بلکه از آسمان کمر استند" پس پاس خدا را که نورش بخش را به قلب ما تاباند و شکرش را بر وجودمان الهام فرمود. دوازه بی پایان دانش به پروردگارش را، بر ما کشود و ما را به وادی پر فیض توحید خالصانه اش راهبری نمود و از هلاک در ورطه انکار و شک با زمان داشت. به شمر رسیدن این پایان نامه مهربون کجاک و همیاری دوستان و عزیزانی است که لازم می دانم در این جا از آنها تقدیر و شکر نمایم.

تلاش خالصانه بهی سرورانی را که یاریم دادند و از لطفشان مستفیض شدم را ارج می نم و از خداوند منان تمنای بهروزی برای ایشان دارم. اکنون بر خود لازم می دانم که از استاد بزرگوار و فرزندانم جناب آقای دکتر زمان شامدی حیدری که در طول انجام این تحقیق از ر، نمودهای علمی و علمی ارزشمندشان بهره مند شدم صمیمانه پاسکزاری نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر سید محمود طباطبائی به خاطر تجارب ارزنده شان شکر کنم. از جناب آقای دکتر جابر سلطانی که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده داشتند و نیز از جناب آقای دکتر پیمان افراسیاب به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی شکر کنم.

از جناب آقای مهندس محمد نادریان فر به پاس محبت های بی دریغ و کلمه های بی ثابته ایشان که هرگز فروکش نمیکنند کمال شکر و قدردانی را دارم. در پایان از تمامی دوستان عزیزم، خانم ها: افسانه بر خورداری، سیمین رنجبر، زهرا روبری و آقایان: حسن جمالی و مسلم محمدی کمال شکر و قدردانی را دارم.

مژده سالاری بردسیری

## بررسی مدل‌های ایزوترم جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته و کربن فعال در زمان تعادل

چکیده

تعیین زمان تعادل یکی از پارامترهای مهم و اساسی در کاربرد معادلات ایزوترم جذب می باشد. از طرفی، برای آزمایش‌های ایزوترم جذب، از تغییر جرم در غلظت و دمای ثابت یا از تغییر غلظت در مقدار جرم و دمای ثابت استفاده می شود. هر دوی این روشها مبتنی بر فرض ثابت ماندن "زمان تعادل جذب" در جرم‌های (یا غلظت‌های جاذب) مختلف می باشد. بنابراین، هدف اصلی از این تحقیق بررسی اثر تغییر مقدار جرم جاذب پوسته پسته و کربن فعال بر زمان تعادل جذب و نیز بررسی مدل‌های ایزوترم جذب یون نیکل در زمان تعادل می باشد.

در این تحقیق، از جاذب‌های پوسته پسته و کربن فعال برای حذف یون‌های نیکل از محیط آبی استفاده شد. برای این کار، پوسته پسته از باغات پسته رفسنجان تهیه و اندازه ذرات آن بین ۸۰۰-۶۰۰ میکرون انتخاب گردید. برای انجام آزمایش‌ها از محلول استوک یون نیکل (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) که بوسیله اختلاط نمک نیترات نیکل ( $6\text{H}_2\text{O}\cdot\text{NiSO}_4$ ) ساخت کارخانه مرک آلمان با آب مقطر تهیه گردیده بود، استفاده گردید. نتایج نشان داد که حداکثر راندمان جذب در  $\text{pH} = 8$  و برابر  $73/3\%$  می باشد. همچنین نشان داده شد که با افزایش جرم جاذب از ۱ تا ۵ گرم بر لیتر، زمان تعادل جذب کاهش یافته و از ۱۲۰ به ۱۵ دقیقه رسید. برازش مدل‌های سینتیک لاگرگرن، هو و همکاران (۱۹۹۶)، آورامی، الوویچ و پخش درون ذره‌ای بر داده‌های جذب نشان داد که اگر چه مدل لاگرگرن برآورد بهتری از مقدار  $q_e$  بدست می‌دهد ولی بر اساس معیارهای ارزیابی، مدل هو و همکاران داده‌های جذب را بهتر از سایر مدل‌ها توصیف می‌کند. همچنین مقایسه سرعت جذب نیکل نشان داد که پوسته پسته رفسنجان می‌تواند به عنوان یک جاذب مناسب با سایر جاذب‌ها رقابت نماید. کربن فعال پودری نیز از شرکت مرک آلمان خریداری شد نتایج نشان داد که حداکثر راندمان جذب برای یک گرم جاذب در  $\text{pH} = 8$  و برابر  $40/35\%$  می باشد. همچنین نشان داده شد که حداکثر زمان تعادل برای غلظت اولیه ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر محلول، در جرم ۲۵ گرم بر لیتر، برابر ۴۰۰ دقیقه می باشد و حداقل زمان تعادل در جرم‌های کمتر از ۵ گرم و بیشتر از ۷۰ گرم بر لیتر اتفاق می افتد. برازش مدل‌های جذب سینتیک بر روی داده‌های آزمایشی نشان داد که برای جاذب کربن فعال در جرم‌های ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ گرم بر لیتر مدل‌های آورامی و لاگرگرن بعنوان مناسبترین مدل‌های برازش یافته بر داده‌های آزمایش بوده و این دو مدل بر هم منطبق می‌شوند. در جرم ۱۵ گرم بر لیتر مدل الوویچ و در جرم‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ گرم بر لیتر مدل هو و همکاران بعنوان مناسبترین مدل برازش داده شده بر داده‌های آزمایش می‌باشند. بنابراین می‌توان گفت که در جرم‌های کم و زیاد مدل آورامی و لاگرگرن برازش بهتری بر داده‌های آزمایش دارند. همچنین در جرم‌های متوسط مدل هو و همکاران داده‌های حاصل از جذب را بهتر توصیف می‌کند. برازش مدل‌های جذب ایزوترم بر روی داده‌های آزمایشی نشان داد که برای جاذب کربن فعال مدل ایزوترم ردلیچ-پترسون نسبت به دیگر مدل‌های ایزوترم داده‌ها را بهتر برازش می‌کند و برای جاذب پوسته پسته مدل‌های ایزوترم فروندلیچ، سیپس و راک-پراونیتز نسبت به دیگر مدل‌های ایزوترم داده‌ها را بهتر برازش می‌کند و بر هم منطبق می‌شوند. تمامی مدل‌های ایزوترم برای جاذب کربن فعال در سطح اعتماد ۹۵٪ معنی دار شدند.

کلید واژه: جذب، نیکل، پوسته پسته، کربن فعال، زمان تعادل، سینتیک، ایزوترم.

## فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱-۱	مقدمه	۲
۱-۲-۱	اهداف و دامنه تحقیق	۴
۱-۲-۱-۱	اهداف	۴
۱-۲-۱-۲	دامنه تحقیق	۴
۱-۳-۱	کلیات	۵
۱-۳-۱-۱	ضرورت	۵
۱-۳-۱-۱-۱	اهمیت و کمبود منابع آب	۵
۱-۳-۱-۱-۲	آلودگی آبها	۷
۱-۳-۱-۱-۳	فاضلاب های صنعتی	۸
۱-۳-۱-۱-۳-۱	اهمیت تصفیه فاضلاب	۹
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱	فلزات سنگین	۹
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۱	اثرات فلزات سنگین بر سلامتی انسان و ارگانسیم های آبی	۱۰
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۲	اثرات آبیاری بواسطه فلزات سنگین	۱۱
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳	نیکل	۱۲
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱	تاریخچه	۱۲
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نیکل	۱۲
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۱	منابع آلاینده طبیعی و انسانی نیکل	۱۳
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۲	اثرات زیست محیطی نیکل	۱۴
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳	فرآیندهای تصفیه آب	۱۵
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱	فرآیندهای متعارف تصفیه آب در ایران	۱۵
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱	فرآیندهای غیرمتعارف تصفیه آب	۱۶
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲	روشهای تصفیه فاضلاب	۱۷
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱	تصفیه شیمیایی	۱۷
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱	ته نشینی شیمیایی	۱۷
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۱	ته نشینی هیدروکسید	۱۷
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۲	ته نشینی کربنات	۱۸
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳	ته نشینی سولفید	۱۸
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۴	کاهش شیمیایی	۱۸
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱	فلوتاسیون (گزانتات)	۱۹
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲	استخراج حلال	۲۰
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱	تصفیه زیستی	۲۰
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱	گیاه پالایی	۲۳
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۱	تصفیه فیزیکی	۲۴
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۲	فرآیندهای غشائی	۲۴
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳	اسمز معکوس	۲۵
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۴	الکترو دیالیز	۲۵
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۵	تبخیر کننده ها	۲۶
۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۳-۱-۲-۱-۱-۶	سمنت کاری	۲۶

۲۷.....	۳-۳-۳-۴- تبادل یونی.....	۲۷.....
۲۷.....	۳-۳-۳-۴-۱- روش تبادل یونی به کمک فیلترهای رزینی.....	۲۷.....
۲۷.....	۳-۳-۳-۵- گالوانوتکنیک (گالوانیزه کردن).....	۲۷.....
۲۸.....	۳-۳-۳-۶- جذب سطحی.....	۲۸.....
۲۸.....	۳-۳-۴- جذب شیمیایی.....	۲۸.....

### فصل دوم : بررسی منابع

۳۱.....	۲-۱- فرآیند جذب.....	۳۱.....
۳۱.....	۲-۱-۱- تئوری جذب.....	۳۱.....
۳۲.....	۲-۱-۲- عوامل مؤثر بر فرایند جذب.....	۳۲.....
۳۲.....	۲-۱-۱- تلاطم.....	۳۲.....
۳۳.....	۲-۱-۲- اندازه ذرات جاذب.....	۳۳.....
۳۳.....	۲-۱-۳- حلالیت ماده جذب شونده.....	۳۳.....
۳۳.....	۲-۱-۴- اندازه مولکول های ماده جذب شونده.....	۳۳.....
۳۴.....	۲-۱-۵- درجه اسیدی.....	۳۴.....
۳۵.....	۲-۱-۶- دما.....	۳۵.....
۳۵.....	۲-۱-۷- مدت زمان تماس.....	۳۵.....
۳۶.....	۲-۱-۸- غلظت فلزات سنگین.....	۳۶.....
۳۶.....	۲-۱-۹- مقدار جاذب.....	۳۶.....
۳۷.....	۲-۱-۱۰- اثر عوامل دیگر در فرایند جذب.....	۳۷.....
۳۸.....	۲-۲- مروری بر مطالعات گذشته.....	۳۸.....
۳۸.....	۲-۲-۱- استفاده از جاذب های ارزاقیمت برای حذف فلزات سنگین.....	۳۸.....
۴۰.....	۲-۲-۲- ضایعات صنعتی.....	۴۰.....
۴۲.....	۲-۲-۳- مواد خام.....	۴۲.....
۴۳.....	۲-۲-۱- تولید کربن فعال.....	۴۳.....
۴۵.....	۲-۳-۲- ساختار منافذ کربن.....	۴۵.....
۴۶.....	۲-۳-۳- جذب به وسیله کربن فعال شده.....	۴۶.....
۴۸.....	۲-۳-۴- سابقه کاربرد کربن فعال در حذف فلزات سنگین.....	۴۸.....
۵۲.....	۲-۴-۲- پوسته پسته.....	۵۲.....
۵۵.....	۲-۴-۱- سابقه کاربرد پوسته پسته در حذف فلزات سنگین.....	۵۵.....
۵۵.....	۲-۵- سابقه کاربرد جاذب های طبیعی در حذف نیکل.....	۵۵.....

### فصل سوم: مواد و روشها

۶۰.....	۳-۱- تهیه جاذب.....	۶۰.....
۶۰.....	۳-۱-۱- تهیه جاذب پوسته پسته.....	۶۰.....
۶۰.....	۳-۱-۲- تهیه جاذب کربن فعال.....	۶۰.....
۶۰.....	۳-۲- اندازه گیری سطح ویژه.....	۶۰.....
۶۱.....	۳-۳- تهیه محلول یون فلزی.....	۶۱.....
۶۲.....	۳-۴- آزمایش های بچ.....	۶۲.....
۶۲.....	۳-۴-۱- تعیین pH بهینه جذب برای جاذب پوسته پسته.....	۶۲.....
۶۲.....	۳-۴-۲- تعیین pH بهینه جذب برای جاذب کربن فعال.....	۶۲.....

۳-۴-۳-تعیین زمان تعادل جذب پوسته پسته.....	۶۲
۳-۴-۴-تعیین زمان تعادل جذب کربن فعال.....	۶۳
۳-۵-۵- مدل‌های جذب.....	۶۳
۳-۵-۱- معادلات غیرتعادلی یا سینتیک .....	۶۴
۳-۵-۱-۱- مدل لاگرگرن (۱۸۹۸).....	۶۴
۳-۵-۱-۲- مدل هو و همکاران (۱۹۹۶).....	۶۵
۳-۵-۱-۳- مدل آورامی.....	۶۵
۳-۵-۱-۴- مدل الوویچ.....	۶۶
۳-۵-۱-۵- مدل پخش درون ذره‌ای.....	۶۶
۳-۵-۲- معادلات تعادلی یا ایزوترم‌های جذب.....	۶۶
۳-۵-۲-۱- مدل ایزوترم لانگمویر.....	۶۷
۳-۵-۲-۲- مدل ایزوترم فروندلیچ.....	۶۹
۳-۵-۲-۳- مدل بروئر - امیتر-تالر.....	۷۰
۳-۵-۲-۴- مدل ردلیچ- پترسون.....	۷۱
۳-۵-۲-۵- مدل سیپس.....	۷۲
۳-۵-۲-۶- مدل توث.....	۷۳
۳-۵-۲-۷- مدل راک-پرائونیتز.....	۷۴
۳-۶-۶- تحلیل مدل‌های ایزوترم.....	۷۴

#### فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-۱- تعیین سطح ویژه ذرات جاذب.....	۷۹
۴-۲-۲- تعیین pH بهینه جذب.....	۷۹
۴-۲-۱- تعیین pH بهینه جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته.....	۷۹
۴-۲-۲- تعیین pH بهینه جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال.....	۸۰
۴-۳-۳- تأثیر تغییرات جرم جاذب بر زمان تعادل.....	۸۱
۴-۳-۱- تأثیر تغییرات جرم جاذب پوسته پسته بر زمان تعادل.....	۸۱
۴-۳-۲- تأثیر تغییرات جرم جاذب کربن فعال بر زمان تعادل.....	۸۳
۴-۴-۴- تأثیر جرم ورودی جاذب بر راندمان جذب پوسته پسته و کربن فعال.....	۸۷
۴-۵-۵- واسنجی مدل‌های جذب سینتیک.....	۸۸
۴-۵-۱- واسنجی مدل‌های جذب سینتیک با استفاده از پوسته پسته.....	۸۸
۴-۴-۲- واسنجی مدل‌های جذب سینتیک با استفاده از کربن فعال.....	۱۰۲
۴-۶-۶- واسنجی مدل‌های جذب ایزوترم.....	۱۲۳
۴-۶-۱- واسنجی مدل‌های جذب ایزوترم با استفاده از پوسته پسته.....	۱۲۳
۴-۶-۲- واسنجی مدل‌های جذب ایزوترم با استفاده از کربن فعال.....	۱۲۷
۴-۴-۴- نتایج کلی.....	۱۳۲
۴-۵-۴- پیشنهادها.....	۱۳۴
منابع.....	۱۳۶
ضمیمه: نحوه برازش مدل‌های ایزوترم جذب با استفاده از نرم‌افزار مطلب.....	۱۵۰



جدول ۱-۱- ظرفیت جذب نیکل (mg/g) با استفاده از زیست توده میکروبی	۲۲
جدول ۱-۲- ظرفیت جذب (mg/g) مواد زائد صنعتی برای حذف فلزات سنگین	۴۱
جدول ۲-۲- ظرفیت جذب جاذبه‌های گوناگون	۴۲
جدول ۳-۲- ویژگی های کربن های تولید شده از انواع زائدات کشاورزی	۴۷
جدول ۴-۲- ظرفیت جذب (mg/g) کربن فعال برای حذف فلزات سنگین	۵۲
جدول ۵-۲- حذف نیکل توسط جاذبه‌های طبیعی	۵۷
ادامه جدول ۵-۲- حذف نیکل توسط جاذبه‌های طبیعی	۵۸
جدول ۴-۱- خصوصیات و عناصر تشکیل دهنده کربن فعال پودری	۷۹
جدول ۴-۲- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۸۹
جدول ۴-۳- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر)	۸۸
جدول ۴-۴- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۰
جدول ۴-۵- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۱/۵ گرم بر لیتر)	۹۱
جدول ۴-۶- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۲
جدول ۴-۷- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۲ گرم بر لیتر)	۹۳
جدول ۴-۸- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۴
جدول ۴-۹- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر)	۹۴
جدول ۴-۱۰- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۵
جدول ۴-۱۱- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۳ گرم بر لیتر)	۹۶
جدول ۴-۱۲- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۷
جدول ۴-۱۳- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۳/۵ گرم بر لیتر)	۹۷
جدول ۴-۱۴- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۹۸
جدول ۴-۱۵- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۴ گرم بر لیتر)	۹۹
جدول ۴-۱۶- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۱۰۰
جدول ۴-۱۷- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۴/۵ گرم بر لیتر)	۱۰۰
جدول ۴-۱۸- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۱۰۱
جدول ۴-۱۹- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۵ گرم بر لیتر)	۱۰۲
جدول ۴-۲۰- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۱۰۳
جدول ۴-۲۱- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر)	۱۰۴
جدول ۴-۲۲- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف	۱۰۵
جدول ۴-۲۳- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۳ گرم بر لیتر)	۱۰۵

- جدول ۴-۲۴- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۰۶
- جدول ۴-۲۵- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۵ گرم بر لیتر) ... ۱۰۷
- جدول ۴-۲۶- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۰۸
- جدول ۴-۲۷- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۱۰ گرم بر لیتر) ۱۰۸
- جدول ۴-۲۸- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۰۹
- جدول ۴-۲۹- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۱۵ گرم بر لیتر).. ۱۱۰
- جدول ۴-۳۰- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۱
- جدول ۴-۳۱- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۲۰ گرم بر لیتر).. ۱۱۱
- جدول ۴-۳۲- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۲
- جدول ۴-۳۳- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۲۵ گرم بر لیتر).. ۱۱۳
- جدول ۴-۳۴- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۴
- جدول ۴-۳۵- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۳۰ گرم بر لیتر).. ۱۱۴
- جدول ۴-۳۶- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۵
- جدول ۴-۳۷- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۳۵ گرم بر لیتر).. ۱۱۶
- جدول ۴-۳۸- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۷
- جدول ۴-۳۹- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۴۰ گرم بر لیتر).. ۱۱۷
- جدول ۴-۴۰- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۱۸
- جدول ۴-۴۱- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۵۰ گرم بر لیتر).. ۱۱۹
- جدول ۴-۴۲- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۲۰
- جدول ۴-۴۳- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۶۰ گرم بر لیتر).. ۱۲۰
- جدول ۴-۴۴- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۲۱
- جدول ۴-۴۵- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۷۰ گرم بر لیتر).. ۱۲۲
- جدول ۴-۴۶- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۲۳
- جدول ۴-۴۷- ضرایب مدل‌های جذب سینتیک نیکل توسط جاذب کربن فعال (جرم جاذب: ۸۰ گرم بر لیتر).. ۱۲۳
- جدول ۴-۴۸- مقایسه مدل‌های ایزوترم بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۲۵
- جدول ۴-۴۹- ضرایب مدل‌های جذب ایزوترم نیکل توسط جاذب پوسته پسته..... ۱۲۷
- جدول ۴-۵۰- مقایسه مدل‌های سینتیک بر اساس معیارهای مختلف..... ۱۲۹
- جدول ۴-۵۱- ضرایب مدل‌های جذب ایزوترم نیکل توسط جاذب کربن فعال..... ۱۳۰
- جدول ۴-۵۲- مقایسه ظرفیت جذب پوسته پسته و کربن فعال با سایر جاذبها..... ۱۳۱
- جدول ۴-۵۳- مدل‌های برازش داده شده و مقادیر معیارهای عملکرد در نظر گرفته شده برای دوره آزمون..... ۱۳۱

- شکل ۱-۲-۱- تصاویر SEM از مراحل سنتز کربن فعال..... ۴۵
- شکل ۲-۲-۲- جاذب پوسته پسته..... ۵۳
- شکل ۱-۴-۱- تأثیر pH بر راندمان جذب نیکل توسط پوسته پسته رفسنجان (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر و غلظت اولیه محلول: ۵ میلی گرم بر لیتر)..... ۸۰
- شکل ۲-۴-۲- تأثیر pH بر راندمان جذب نیکل توسط کربن فعال (جرم جاذب: ۵ گرم بر لیتر و غلظت اولیه محلول: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر)..... ۸۱
- اشکال ۳-۴-۳- تعیین زمان تعادل جذب یون نیکل در جرم‌های مختلف پوسته پسته ( غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7-8$ )..... ۸۲
- شکل ۴-۴-۴- تاثیر جرم جاذب پوسته پسته بر زمان تعادل جذب نیکل ( غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7-8$ )..... ۸۳
- اشکال ۵-۴-۵- تعیین زمان تعادل جذب یون نیکل در جرم‌های مختلف کربن فعال ( غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7-8$ )..... ۸۶
- شکل ۶-۴-۶- تاثیر جرم جاذب کربن فعال بر زمان تعادل جذب نیکل ( غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7$ )..... ۸۷
- شکل ۷-۴-۷- تغییرات راندمان جذب نیکل با تغییر مقدار جاذب پوسته پسته (غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7$ )..... ۸۷
- شکل ۸-۴-۸- تغییرات راندمان جذب نیکل با تغییر مقدار جاذب کربن فعال (غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر،  $\text{PH}=7-8$ )..... ۸۸
- شکل ۹-۴-۹- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۸۹
- شکل ۱۰-۴-۱۰- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۱/۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۰
- شکل ۱۱-۴-۱۱- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۲ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۲
- شکل ۱۲-۴-۱۲- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۲/۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۳
- شکل ۱۳-۴-۱۳- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۳ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۵
- شکل ۱۴-۴-۱۴- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۳/۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۶
- شکل ۱۵-۴-۱۵- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۴ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۸
- شکل ۱۶-۴-۱۶- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۴/۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۹۹
- شکل ۱۷-۴-۱۷- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (جرم جاذب: ۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۵ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۱۰۱
- شکل ۱۸-۴-۱۸- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۱ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۱۰۳
- شکل ۱۹-۴-۱۹- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۳ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر،  $\text{pH}=7-8$ )..... ۱۰۴

- شکل ۴-۲۰- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۰۶
- شکل ۴-۲۱- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۱۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۰۷
- شکل ۴-۲۲- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۱۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۰۹
- شکل ۴-۲۳- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۲۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۰
- شکل ۴-۲۴- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۲۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۲
- شکل ۴-۲۵- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۳۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۳
- شکل ۴-۲۶- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۳۵ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۵
- شکل ۴-۲۷- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۴۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۶
- شکل ۴-۲۸- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۵۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۸
- شکل ۴-۲۹- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۶۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۱۹
- شکل ۴-۳۰- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۷۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۲۱
- شکل ۴-۳۱- مدل‌های سینتیک جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (جرم جاذب: ۸۰ گرم بر لیتر، غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7-8$ ) ..... ۱۲۲
- اشکال ۴-۳۲- مدل‌های ایزوترم جذب یون نیکل با استفاده از پوسته پسته (غلظت اولیه: ۵ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7$ ) ..... ۱۲۵
- اشکال ۴-۳۳- مدل‌های ایزوترم جذب یون نیکل با استفاده از کربن فعال (غلظت اولیه: ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر،  $pH=7$ ) ..... ۱۲۸
- شکل ۴-۳۴- بهترین مدل برازش داده شده بر مقادیر جرم جاذب پوسته پسته ..... ۱۳۲



**فصل اول**  
**مقدمه و کلیات**

## ۱-۱- مقدمه

امروزه بروز بیماریهای ناشی از آلودگی آب یکی از دلایل اصلی مرگ و میر به ویژه در جوامع در حال توسعه می باشد، در حقیقت آب مهمترین مرکز رشد عوامل میکروبی بیماریزا می باشد که اهمیت آن را از نظر بهداشت عمومی و سلامت جامعه بیشتر آشکار می کند. در همین راستا از روش های تصفیه و گندزدایی آن برای بدست آوردن آب با کیفیت های مطابق استاندارد استفاده می شود (هاشمی سهی، ۱۳۸۷).

از نقطه نظر اکولوژیکی، آلاینده ها به دو نوع آلاینده های قابل تجزیه و غیرقابل تجزیه تقسیم می شوند. آلاینده های غیرقابل تجزیه نظیر ترکیبات و نمک های فلزات سنگین، ترکیبات شیمیایی فنلی با زنجیره طولانی، آفت کش ها مثل DDT می باشند که در محیط، تجمع می یابند و بر روی زنجیره غذایی و بیولوژیکی موجودات در آب اثر می گذارند. ازدیاد غلظت این مواد روی ماهی ها، سایر موجودات آبی و حتی گیاهان آبی اثرات سوء دارد. آنها در ترکیب با مواد دیگر باعث تولید توکسین های اضافی می شوند. برای مثال ترکیب فلزات سنگین نظیر مس با کادمیوم و روی با نیکل، سمیت آنها را چندین برابر می کنند. تجمع فلزات سنگین در آب، هوا و خاک، یک مشکل زیست محیطی مهم می باشد.

فلزات سنگین در منابع آب سطحی و زیرزمینی به علت تحرک در اکوسیستم های آبی و خاصیت سمی بودن آنها برای نسل های بعدی موجودات، بصورت آلاینده های غیرآلی (معدنی) در محیط تلقی می شوند. فلزات سنگین خطرناک برای انسان شامل سرب، جیوه، کادمیوم، آرسنیک، مس، روی، و کروم و نیکل می باشد.

نیکل فلزی است سمی که در پالایشگاه‌های نقره، آبکاری، قالب‌ریزی پایه روی و صنایع باتریهای قابل‌شارژ استفاده می‌شود (Namasivayam, 1995؛ Kadirvelu, 1998). نیکل در فاضلاب اکثر صنایع وجود دارد و مردم اغلب از حساسیت‌ها بعلت قرارگرفتن در معرض نیکل رنج می‌برند، بطوریکه اثرات سرطان‌زای آن گواهی بر این مدعاست (بدیعی و میرحبیبی، ۱۳۸۵).

روشهایی که معمولاً برای حذف فلزات سنگین از فاضلابهای صنعتی بکار می‌روند شامل رسوب<sup>۱</sup>، انعقاد<sup>۲</sup>، تبادل یونی<sup>۳</sup>، سمند کاری<sup>۴</sup>، الکترودیالیز<sup>۵</sup>، الکترو-برد<sup>۶</sup>، انعقاد الکتریکی<sup>۷</sup> و اسمز معکوس<sup>۸</sup> و استخراج حلال<sup>۹</sup> است (Ahluwalia and Goyal, 2007). همچنین روش استفاده از کربن فعال که از سال ۱۸۸۳ میلادی مورد توجه قرار گرفته است برای حذف فلزات سنگین بسیار مؤثر است، ولی استفاده از آن بویژه در سطح وسیع از هزینه‌های بالایی برخوردار است (پروین پور، ۱۳۸۰).

سالانه در دنیا، مقادیر زیادی بقایای زائد ارزان‌قیمت در طی عملیات برداشت و تولید محصولات صنعتی و غذایی بدست می‌آید. برای مثال ۵۸٪ از کل مواد جامدی که در طی برداشت محصول ذرت بدست می‌آید، زائدات و بقایای لیگنوسلولزی ارزان‌قیمتی است که دفع آنها خود یک معضل زیست‌محیطی محسوب می‌گردد (Benson, 1987). بسیاری از این بقایا می‌توانند به عنوان جاذب در حذف فلزات سنگین استفاده شوند. هر چند ارزش کاری آنها چندان بالا نیست ولی قابلیت اصلاح دارند. در سال ۱۹۹۰ در ایالات متحده ۲۲۲ میلیون تن ذرت تولید شده که از این مقدار بیش از ۴۰ میلیون تن مربوط به چوب‌های ذرت و زائدات آن بوده است. در همان سال تولید محصول جو دو سر نیز ۵/۷ میلیون تن بود که تقریباً ۲۵٪ آن زائدات و پوسته بود. بقایای

<sup>۱</sup>.precipitation

<sup>۲</sup>.coagulation

<sup>۳</sup>.ion exchange

<sup>۴</sup>.cementation

<sup>۵</sup>.electro-dialysis

<sup>۶</sup>.electro-winning

<sup>۷</sup>.electro-coagulation

<sup>۸</sup>.reverse osmosis

<sup>۹</sup>.solvent extraction

کشاورزی مخلوطی از کمپلکس‌های پلی‌ساکاریدی و لیگنین هستند که می‌توانند به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گیرند (Webster, 1987; USDA, 1993).

## ۱-۲- اهداف و دامنه تحقیق

### ۱-۲-۱- اهداف

هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی مدل‌های ایزوترم جذب یون نیکل توسط جاذب‌های پوسته پسته و کربن فعال در زمان تعادل می‌باشد.

اهداف فرعی این تحقیق عبارتند از:

- تعیین مدل سینتیک جذب مناسب در فرآیند حذف نیکل از پساب.
- تعیین مدل ایزوترم جذب مناسب در فرآیند حذف نیکل از پساب.
- تعیین راندمان جذب در آزمایش‌های ناپیوسته در جرم‌های مختلف.

### ۱-۲-۲- دامنه تحقیق

مطالعه و کاربرد جاذب کربن فعال در تصفیه آب و فاضلاب از سال ۱۸۸۳ میلادی در آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین کربن فعال به صورت پودر در سال ۱۹۲۰ در شیکاگو برای کنترل بوی ناشی از کلروفنل استفاده گردید. با اینحال کربن فعال نیاز به اصلاحاتی جهت حذف مواد معدنی نیز دارد. از طرفی هزینه تولید کربن فعال از مواد مختلف باعث افزایش هزینه‌های کاربرد آن در سطح وسیع شده است (جمالی و شامحمدی حیدری، ۱۳۸۷).

جاذب‌های دیگر اگر چه قابلیت کربن فعال را در جذب آلاینده‌ها ندارد ولی هزینه تهیه ناچیز آنها باعث رویکرد دانشمندان به استفاده از این مواد شده است (پروین پور، ۱۳۸۰؛ شامحمدی حیدری، ۱۳۸۶).



مطالعات مربوط به جذب فلزات سنگین با استفاده از بقایای گیاهی عمدتاً از دهه های ۸۰-۱۹۷۰ شروع شد. مطالعات در این دوره عمدتاً به صورت استفاده از بقایای گیاهی (خام) و زغال آن صورت گرفته است. از اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی مطالعات جذب با استفاده از بقایای گیاهی شاهد تحول دیگر شد، به طوری که به جای استفاده از زغال جاذب (فعالسازی فیزیکی)، از فعالسازی شیمیایی یا اصلاح شیمیایی آن، استفاده گردید (شامحمدی حیدری، ۱۳۸۶).

تحقیقات زیادی بر روی مواد طبیعی و زائدات بیولوژیکی صنایع از جمله: چیتین<sup>۱</sup> و چیتوزان<sup>۲</sup> (Rae and Gibb, 2003)، خزّه (Cochrane et al., 2006)، پوست خرچنگ (Cochrane et al., 2006)، ذغال (McLellan and Rock, 1988؛ Ringqvist et al., 2001)، لجن فعال شده (Ulmanu et al., 2003)، خاکستر بادی<sup>۳</sup> (Cetin and Pehlivan, 2007)، ذغال قهوه‌ای (Allen et al., 1997)، کائولینیت (Papini et al., 2001)، بنتونیت (Ulmanu et al., 2003)، دیاتومیت (Ulmanu et al., 2003)، و سنگ آهک (Aziz and Yusoff et al., 2004) انجام شده است.

### ۱-۳- کلیات

#### ۱-۳-۱- ضرورت

#### ۱-۳-۱-۱- اهمیت و کمبود منابع آب

اهمیت و تأثیر آب در حیات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بر کسی پوشیده نیست. با این حال کم توجهی به این نعمت الهی منابع آب کره زمین را در معرض نابودی و تخریب قرار داده، به طوری که بعضی از کشورها با بحران آب روبرو شده اند (سیاحتی اردکانی، ۱۳۷۸).

در مقیاس جهانی، آمار نشان می‌دهد که طی سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۹۰ میلادی جمعیت دنیا از ۲/۳ میلیارد به ۵/۳ میلیارد نفر، یعنی به بیش از دو برابر رسیده و در همین مدت مصرف سرانه آب

<sup>۱</sup> chitin

<sup>۲</sup> chitosan

<sup>۳</sup> Fly ash

(مصارف صنعتی، شهری و کشاورزی) نیز دو برابر شده است، یعنی از ۴۰۰ متر مکعب به ۸۰۰ متر مکعب برای هر نفر در سال افزایش یافته است. با توجه به اینکه منابع آب شیرین کره زمین محدود است، می توان گفت که چنین رشد مصرفی هیچ گاه تکرار نخواهد شد (اسدی، ۱۳۸۱).

مقدار آب موجود کره زمین حدود ۱/۴ میلیون کیلومتر مکعب است که از این مقدار بیش از ۹۷٪ در اقیانوسها بوده و ۲٪ نیز به صورت منجمد در یخچالها قرار دارد. بدین ترتیب مجموع آب موجود بر روی خشکیهای کره زمین اعم از آبهای زیرزمینی، رودخانه ها، دریاچه ها، نهرها، منابع آب جوامع شهری، صنعتی و کشاورزی کمتر از ۱٪ کل آبهای موجود بر روی زمین را تشکیل می دهد (سمنار شاد، ۱۳۷۸). با این تقسیم بندی اجمالی بهتر می توان محدودیت منابع آب شیرین تجدیدشونده را درک کرد و مشاهده نمود که با تکنولوژیهای موجود و قابل پیش بینی در آینده، استحصال و بهره برداری از حجم وسیعی از آبهای کره زمین، غیرممکن می باشد.

ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین با مشکل کم آبی، خشکسالیهای متناوب و سیل های مخرب و ویرانگر مواجه می باشد. افزایش جمعیت و تخریب های ناشی از آن و نیاز روز افزون به محصولات کشاورزی و محدودیت آب و نیز خاک حاصلخیز به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسأله کم آبی را به گونه ای بسیار جدی فراروی کشور قرار داده است. بر اساس شاخص فالکن مارک کشور ایران در آستانه تنش آبی و بر اساس شاخص سازمان ملل و موسسه بین المللی مدیریت آب نیز ایران در مرحله بحران شدید آب قرار دارد (احسانی، ۱۳۸۲).

طبق اطلاعات موجود، از مجموع ۴۱۶ میلیارد متر مکعب بارش های آسمانی در کشور، که میانگین آن ۲۷۰ میلیمتر در سال است، نزدیک به ۷۵٪ آن در سطحی معادل ۲۷٪ مساحت کشور و بقیه در سطحی برابر با ۷۳٪ باقی مانده ریزش می نماید. این در حالی است که میزان تبخیر هم به طور نسبی بالاست (سیاحتی اردکانی، ۱۳۷۸). خشکسالی هم از پدیده هایی است که در سال

های اخیر با فواصل زمانی کمتر در کشور تکرار می گردد و به دلیل شرایط ذکر شده اثر تخریبی آن مضاعف عمل می کند (اسدی، ۱۳۸۱).

از طرفی به دلیل رشد جمعیت و گسترش برنامه‌های توسعه صنعتی، نه تنها میزان تقاضا برای آب روز به روز در کشور افزایش می‌یابد، بلکه بالطبع حجم زیادی نیز فاضلاب تولید و به طرق مختلف وارد محیط زیست می‌گردد. جمعیت کشور از ۱۹ میلیون نفر در سال ۱۳۳۵ به ۶۵ میلیون نفر در حال حاضر رسیده است و با وجود نرخ رشد جمعیت پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۰۰ به ۹۲ میلیون نفر برسد. با توجه به اینکه تقریباً ۹۹ درصد وزن فاضلاب را آب تشکیل می‌دهد، لذا بازیافت آب از فاضلاب، تا حد امکان و کاهش آلودگی آن، در کشورهایی مانند ایران که کم‌آب هستند به خصوص در دوره‌های خشکسالی نقش مهمی را ایفا می‌کند. تصفیه این آب از آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا و استفاده آن در کشاورزی می‌تواند تا حد چشمگیری بحران کمبود آب را کاهش دهد (اسدی، ۱۳۸۱).

### ۱-۳-۱-۲- آلودگی آبها

بجز آب‌های با منشأ معدنی نظیر چشمه‌ها و یا چاه‌ها به شرط دور بودن از عوامل ایجاد آلودگی نظیر مزارع، تقریباً بیشتر آبهای سطحی نظیر رودخانه‌ها و نهرها با گذر از مناطق شهری و صنعتی دارای مقدار بالایی آلودگی با منشأ طبیعی یا صنعتی، که آب را برای مصارف آشامیدنی غیرقابل مصرف می‌نماید، می‌گردند. برخی از عواملی که باعث آلودگی آبها می‌گردند عبارتند از:

- فاضلاب‌های انسانی و بیمارستانی حاوی مقادیر بالایی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و خطرناک هستند، ضمن آنکه این دسته از پسماندها علاوه بر محیط مناسبی برای رشد و نمو باکتری‌ها باعث ایجاد بو و رنگ نامطبوع در آب می‌گردند.

- پساب های صنعتی واحد های نیروگاهی ، فولاد ، نفت و پتروشیمی که دسته وسیعی از آلودگی های شیمیایی همچون فلزات سنگین ، ترکیبات آلی حلقوی خطرناک چون ترکیبات بنزن و فنل را در آب آزاد نموده و باعث آلودگی جانداران آبی نیز می شوند.
- پساب کارخانجات کاغذ سازی.
- پساب کارخانه های فرآوری نیشکر و صنایع جانبی.
- پساب های کشاورزی و کودهای کشاورزی که علاوه بر آلوده نمودن آبهای سطحی باعث آلودگی آبهای زیر زمینی نظیر چاهها و قناتها می گردند.
- آلودگی طبیعی در اثر ریزش گل ولای به درون مسیر نهرها و رودها ، لاشه حیوانات و شاخ و برگ گیاهان.

### ۱-۳-۱-۳- فاضلاب های صنعتی

گزارش TDEC<sup>1</sup> در سال ۲۰۰۶ نشان می دهد که عامل کشاورزی ۴۶ درصد و پساب های شهری و صنعتی ۲۰ درصد از عوامل آلودگی رودخانه ها و دریاچه های ایالت تنسی ایالت متحده آمریکا را باعث شده است.

فاضلاب های صنعتی به پساب زاید تولیدی در مراکز صنعتی مانند کارخانه های چرم سازی، ریسندگی و بافندگی، رنگرزی، سرامیک سازی، صنایع ذوب فلز، کاغذسازی و غیره اطلاق می گردد. خصوصیات فاضلاب های صنعتی در هر صنعت متفاوت بوده و در نتیجه فرایندهای تصفیه فاضلاب های صنعتی نیز متفاوت است. این فاضلاب ها در مقایسه با فاضلاب های شهری نیز متفاوت می باشند. این فاضلاب ها در مقایسه با فاضلاب های شهری خاصیت اسیدی یا قلیایی شدیدتری دارند و نیز به دلیل بالا بودن غلظت مواد نامناسب برای محیط زیست به صورت خام در کشاورزی و آبیاری قابل مصرف نیستند (معلم، ۱۳۷۷).

<sup>1</sup>.Tennessee Department of Environment and Conservation