بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

کاربرد کمپوست به عنوان جاذب زیستی برای جذب فلزات سنگین و تصفیه شیرابه پسماندهای شهری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست

رقیه رضایی

اساتید راهنما

دکتر نوراله میرغفاری

دکتر بهزاد رضایی

1390

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده منابع طبیعی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی آلودگی محیط زیست خانم رقیه رضایی

تحت عنوان

کاربرد کمپوست به عنوان جاذب زیستی برای جذب فلزات سنگین و تصفیه شیرابه پسماندهای شهری

در تاریخ 1390/11/10 توسط کمیته‌ی تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

1- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر نوراله میرغفاری
2- استادراهنمای پایان‌نامه	دکتر بهزاد رضایی
3- استاد داور	دکتر محمد سراجی
4- استاد داور	دکتر حسین مرادی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر محمدرضا وهابی

تشکر و قدردانی

سپاس خدا را که نور شناختش را به قلب ما تابانید و شکرش را بر وجودمان الهام فرمود. دروازه بی پایان دانش را، بر ما گشود و به ید لطف بی منتهایش، روزیمان را چشمه ی زلال علم و حکمت مقرر نمود.

سپاس بیکران از زحمات بی دریغ اولین اساتید بزرگ زندگی ام، پدر و مادر عزیزم همواره کامل بودن را از آنها آموختم و ناامیدی را با آنها از یاد بردم.

سپاسی از صمیم قلب از همسر مهربانم که عشق و محبتش، امیدم به ادامه راه است و حمایت های بی ش استوار کننده ی قدم هایم.

صمیمانه ترین سپاس ها تقدیم به:

اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر نورالله میرغفاری و جناب آقای دکتر بهزاد رضایی به پاس رهنمودهای ارزنده، تلاش های پیگیر و محبت های بی دریغشان در طول اجرای این پایان .

اساتید گرامیم جناب آقای دکتر محمد سراجی و آقای دکتر حسین مرادی به خاطر ارائه نظرات ارزشمندشان در بازخوانی و تصحیح این پایان .

همه ی دوستان عزیزم به خاطر دوستی و همفکری هایشان.

کلیه‌ی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به بهترین‌های زندگی‌ام

اسطوره‌ی تلاش و استقامت،

پدرم

دریای مهر و محبت،

مادرم؛

و آنکه قلبم سرزمین اوست

همسرم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت
فهرست جدول‌ها ..... یازده
فهرست شکل‌ها ..... دوازده
چکیده 1
فصل اول : مقدمه
1-1- کلیات 2
1-2- جذب سطحی 3
1-3- فلزات سنگین 4
1-4- اهداف تحقیق 4
فصل دوم : مروری بر منابع
2-1- تولید شیرابه 6
2-1-1 -کمیت شیرابه تولیدی براساس موازنه جرم آب 7
2-2- خصوصیات شیرابه 8
2-3- روش‌های کنترل و حذف شیرابه 9
2-4- روش‌های متداول تصفیه شیرابه 11
2-4-1- تصفیه بیولوژیکی 12
2-4-2- تصفیه فیزیکی - شیمیایی 17
2-5- روش‌های جدید - استفاده از فرایندهای غشایی 21
2-5-1- میکروفیلتراسیون 22
2-5-2- اولترافیلتراسیون 22
2-5-3- نانوفیلتراسیون 22
2-5-4- اسمز معکوس 22
2-6- کاربردهای شیرابه 23
2-7- فلزات سنگین 23
2-7-1- مس 24
2-7-2- کروم 25
2-8- تئوری جذب سطحی 26
2-8-1-جاذب 27
2-8-2- انواع جذب سطحی 27
2-8-3- پارامترهای موثر بر جذب سطحی 28

2-8-4- سیستم‌های جذب سطحی 29
2-8-5-مکانیسم‌های کنترل سرعت جذب سطحی 30
2-8-6- سینتیک جذب سطحی 32
2-8-7- هم‌دماهای جذب سطحی 35
2-9- جاذب‌های مورد استفاده در جذب فلزات و شیرابه 37
2-10- کمپوست 39
فصل سوم: مواد و روش‌ها
3-1- جاذب مورد استفاده 41
3-1-1- آماده‌سازی جاذب‌ها 41
3-2- تعیین خصوصیات جاذب‌ها 42
3-2-1- اندازه‌گیری فلزات سنگین 42
3-2-2- اندازه‌گیری pH 42
3-2-3- اندازه‌گیری EC 43
3-2-4- تعیین ظرفیت تبادل کاتیونی 43
3-2-5- اندازه‌گیری درصد خاکستر 43
3-2-6- آنالیز عنصری 43
3-2-7- آنالیز ترموگراویمتری 43
3-2-8- طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه 44
3-2-9- تصویربرداری و آنالیز با میکروسکوپ الکترونی روبشی 44
3-3- مواد شیمیایی و دستگاه‌های مورد استفاده 44
3-4- آزمایشات جذب 45
3-5- بررسی تاثیر عوامل مختلف بر جذب فلزات 46
3-5-1- مس 46
3-5-2- کروم 47
3-6- آزمایشات ستونی و احیاء مواد جاذب 47
3-7- جذب فلزات از فاضلاب‌های صنعتی 48
3-8- شیرابه 48
3-8-1- خصوصیات شیرابه 48
3-8-2- کارائی جاذب‌ها در کاهش بار آلی شیرابه و پساب 48
3-9- آنالیز داده‌ها 49
فصل چهارم: نتایج و بحث
4-1- تعیین خصوصیات جاذب‌ها 50
4-1-1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی 50

4-1-2- آنالیز ترموگراویمتری 51
4-1-3- طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه 52
4-1-4- تصویربرداری و آنالیز با میکروسکوپ الکترونی روبشی 54
4-2- تاثیر عوامل موثر بر جذب فلزات سنگین مس و کروم 56
4-2-1- تاثیر زمان تماس 56
4-2-2- سینتیک جذب 57
4-2-3- تاثیر pH 60
4-2-4- تاثیر غلظت اولیه 64
4-2-5- هم‌دماهای جذب سطحی 67
4-2-6- تاثیر مقدار جاذب 74
4-2-7- تاثیر دانه‌بندی جاذب 75
4-2-8- مقایسه کارائی جاذب‌ها در جذب فلزات 76
4-2-9- آزمایشات ستونی و واجذب مواد جاذب 76
4-2-10- جذب فلزات از فاضلاب‌های صنعتی 77
4-3- جذب آلاینده‌های شیرابه توسط جاذب‌ها 78
4-3-1- کارائی جاذب‌ها در تصفیه شیرابه 78
4-3-2- مقدار جاذب 79
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
5-1- نتیجه‌گیری 81
5-2- پیشنهادها 82
منابع 83

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 2- 1- طبقه بندی شیرابه محل دفن براساس سن 9
جدول 2-2- استاندارد تخلیه فاضلاب به آبهای سطحی و چاه جاذب و مصارف کشاورزی 11
جدول 2 -3- لیستی از سیستم‌های اکسیداسیون پیشرفته رایج 19
جدول 3-1- لیست دستگاه‌های مورد استفاده 44
جدول 3-2- مشخصات شیمیایی نمک‌های مورد استفاده 45
جدول 4-1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی جاذب‌ها 51
جدول 4-2- میزان فلزات سنگین(میلی گرم درکیلوگرم) جاذب‌ها 51
جدول 4-3- نتایج آنالیز نیمه کمی EDX جاذب‌ها قبل و بعد از جذب فلز مس 55
جدول 4-4- مربع ضرایب همبستگی و ثابت مدل‌های شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم جذب مس 60
جدول 4-5- مربع ضرایب همبستگی و ثابت مدل‌های شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم جذب کروم 60
جدول 4-6- اثر pH بر مقدار جذب فلز مس(mg/g) توسط جاذب‌ها 61
جدول 4-7- اثر pH بر مقدار جذب فلز کروم(mg/g) توسط جاذب‌ها 63
جدول 4-8- ثابت‌های هم‌دماهای جذبی لانگمویر، فروندلیچ و ردلیچ-پترسون برای جذب مس توسط جاذب‌ها 73
جدول 4-9- ثابت‌های هم‌دماهای جذبی لانگمویر، فروندلیچ و ردلیچ-پترسون برای جذب کروم توسط جاذب‌ها 73
جدول 4-10- نوع هم‌دماهای برازش شده و q_{max}(mg/g) لانگمویر در برخی از جاذب‌ها برای فلزات مس و کروم 74
جدول 4-11- مقایسه اثر متقابل تیمار و pH بر مقدار جذب فلزات مس و کروم (mg/g) توسط جاذب‌های مختلف 76
جدول 4-12- نتایج احیاء کمپوست تیمار شده در 600 °C توسط غلظت‌های مختلف اسید 77
جدول 4-13- نتایج آزمایشات ستونی جذب مس با استفاده از کمپوست تیمار شده در 600 °C 77
جدول 4-14- برخی از خصوصیات و غلظت فلزات سنگین(mg/L) در پساب برنا باتری 78
جدول 4-15- برخی خصوصیات شیرابه مورد استفاده و استاندارد تخلیه آنها به آبهای سطحی 78
جدول 4-16- نتایج اندازه‌گیری خصوصیات شیرابه بعد از تماس با جاذب‌ها 79
جدول 4-17- حذف بارآلی (COD) و فسفات در نمونه‌های شیرابه توسط جاذب‌ها 79

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 2-1- اجزای موازنه آب در تولید شیرابه 8
شکل 2-2- تعادل COD در واکنش آلی در محل دفن 9
شکل 2-3- سیستم‌های جذب سطحی 31
شکل 4-1- آنالیز ترموگراویمتری کمپوست خام 52
شکل 4-2- طیف FT-IR کمپوست خام قبل و بعد از جذب مس 53
شکل 4-3- طیف FT-IR کمپوست خام قبل و بعد از جذب کروم 53
شکل 4-4- طیف FT-IR کمپوست تیمار شده در°C 600 قبل و بعد از جذب مس 54
شکل 4-5- طیف FT-IR کمپوست تیمار شده در°C 600 قبل و بعد از جذب کروم 54
شکل 4-6- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی کمپوست خام 55
شکل 4-7- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی کمپوست تیمار شده در °C 600 55
شکل 4-8- اثر زمان تماس بر جذب مس توسط جاذب‌ها 56
شکل 4-9- اثر زمان تماس بر جذب کروم توسط جاذب‌ها 57
شکل 4-10- برازش سینتیک شبه مرتبه اول جذب مس توسط جاذب‌ها 58
شکل 4-11- برازش سینتیک شبه مرتبه اول جذب کروم توسط جاذب‌ها 58
شکل 4-12- برازش سینتیک شبه مرتبه دوم جذب مس توسط جاذب‌ها 59
شکل 4-13- برازش سینتیک شبه مرتبه دوم جذب کروم توسط جاذب‌ها 59
شکل 4-14- تاثیر pH بر درصد جذب مس توسط جاذب‌ها 61
شکل 4-15- توزیع گونه‌های فلز مس در pHهای مختلف 61
شکل 4-16- تاثیر pH بر درصد جذب کروم توسط جاذب‌ها 63
شکل 4-17- اثر pH بر توزیع نسبی گونه‌های کروم(VI) در محلول 64
شکل 4-18- تاثیر غلظت اولیه فلز مس بر درصد جذب توسط جاذب‌ها 65
شکل 4-19- تاثیر غلظت اولیه فلز مس بر مقدار جذب توسط جاذب‌ها 65
شکل 4-20- تاثیر غلظت اولیه فلزکروم بر درصد جذب توسط جاذب‌ها 66
شکل 4-21- تاثیر غلظت اولیه فلز کروم بر مقدار جذب توسط جاذب‌ها 66
شکل 4-22- هم‌دمای جذبی لانگمویر جذب مس توسط جاذب‌ها 69
شکل 4-23- هم‌دمای جذبی لانگمویر جذب کروم توسط جاذب‌ها 69
شکل 4-24- هم‌دمای جذبی فروندلیچ جذب مس توسط جاذب‌ها 70

شکل 4-25- هم‌دمای جذبی فروندلیچ جذب کروم توسط جاذب‌ها..... 70
شکل 4-26- هم‌دمای جذبی ردلیچ- پترسون جذب مس توسط جاذب‌ها..... 71
شکل 4-27- هم‌دمای جذبی ردلیچ- پترسون جذب کروم توسط جاذب‌ها..... 71
شکل 4-28- منحنی تعادلی جذب مس در جاذب‌های مختلف..... 72
شکل 4-29- منحنی تعادلی جذب کروم در جاذب‌های مختلف..... 72
شکل 4-30- تاثیر مقدار کمپوست خام بر درصد جذب مس در غلظت 100 میلی‌گرم در لیتر..... 74
شکل4-31- تاثیر مقدار کمپوست خام بر درصد جذب مس در غلظت 1000 میلی‌گرم در لیتر 75
شکل4-32- تاثیر دانه‌بندی کمپوست خام بر درصد جذب مس..... 75
شکل 4-33 -تاثیر مقدار جاذب بر درصد جذبCOD توسط کمپوست تیمار شده در 600 °C.....80

چکیده

شیرابه زباله‌های شهری حاوی مقادیر زیادی مواد آلی و ترکیباتی مانند نیتروژن آمونیاکی، فلزات سنگین، مواد آلی کلردار و نمک-های معدنی می‌باشند. نفوذ شیرابه‌های تصفیه نشده به آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی، باعث آلودگی منابع آب می‌شود. روش‌های مختلف تصفیه شیرابه شامل تصفیه بیولوژیکی (فرایندهای هوازی و بی‌هوازی) و تصفیه فیزیکی- شیمیایی (اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، ترسیب شیمیایی، انعقاد، شناورسازی- لخته‌سازی و هوازدایی) به منظور کاهش بار آلودگی شیرابه بکار برده می‌شوند. از طرفی امروزه فلزات سنگین نیز به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری در اکوسیستم‌های آبی و سمیت بالا، یکی از مهمترین و خطرناک‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌گردند. در سال‌های اخیر، فرآیند جذب سطحی به علت بازدهی بالا و هزینه نسبتا کم توجه زیادی را در زمینه تصفیه فلزات سنگین و آلاینده‌ها به خود معطوف کرده است. در این میان جاذب‌های ارزان‌قیمت بدلیل سادگی تکنیک استفاده، عدم نیاز به فرآیندهای فراوری و اصلاح پیچیده، انتخابی عمل کردن، دوستدار محیط‌زیست بودن و کارائی جذب سطحی بالا جهت جذب آلاینده‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف این مطالعه، جذب فلزات سنگین مس و کروم و کاهش بار آلی شیرابه با استفاده از جاذب تهیه شده از کمپوست زباله‌های شهری بصورت خام و تیمار شده در 300°C و 600°C بود. آزمایشات جذب به دو روش ناپیوسته و ستونی طراحی شد و پارامترهای موثر بر میزان جذب از جمله زمان تعادل، pH، غلظت اولیه فلزات، مقدار جاذب و دانه‌بندی آن مورد بررسی قرار گرفت. برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژی جاذب‌ها به کمک روش‌های آنالیز ترموگراویمتری، طیف سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه، میکروسکوپ الکترونی روبشی، آنالیز عنصری و آنالیزهای آزمایشگاهی تعیین شدند. مطالعات سینتیک جذب نشان‌دهنده سرعت زیاد فرآیند جذب بود بطوریکه زمان تعادل در جذب فلز مس بعد از زمان‌های 30 و 15 دقیقه به ترتیب برای جاذب‌های خام و 300TC؛ و جاذب 600TC اتفاق افتاد. در رابطه با فلز کروم نیز زمان تعادل در 60 دقیقه صورت گرفت. برازش داده‌ها با مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم نشان داد که مدل شبه مرتبه دوم برای هر دو فلز در هر سه جاذب برازش بهتری را داشت. با افزایش pH از 2 تا 6، درصد جذب مس در سطح احتمال 5% هیچ تفاوت معنی‌داری نداشت. در جذب کروم بررسی اثر pH محلول نشان داد که pH بهینه برای جذب این فلز pH=3 می‌باشد. هم‌دماهای جذب سطحی برازش شده نشان دادند که جذب به وسیله هر سه جاذب در مس با مدل لانگمویر و ردلیچ- پترسون و کروم با مدل‌های فروندلیچ و ردلیچ- پترسون تطابق بیشتری دارد. حداکثر جذب 50 و 13 میلی‌گرم در گرم به ترتیب برای فلزات مس و کروم از معادله لانگمویر پیش‌بینی شد. با افزایش مقدار جاذب خام وکاهش دانه‌بندی آن نیز درصد جذب مس افزایش یافت. حداکثر درصد جذب فلزات مس و کروم به ترتیب 100 و 99 درصد برای کمپوست تیمار شده در 600°C بدست آمد. واجذب مس توسط اسید کلریدریک و اسید نیتریک یکسان بود و غلظت 0/5 مولار اسید نیتریک به منظور بررسی کارایی جاذب پس از عبور اسید در جذب مس در طی دو چرخه عبور محلول مس انتخاب گردید. نتایج این مرحله از آزمایشات نشان داد که ستون تقریبا 70 درصد کارایی جذب یون‌های مس را دارد. نتایج اولیه حذف بار آلی شیرابه نشان داد که جاذب‌ها کارایی جذب بار آلی (30%) را دارند. بررسی مقدار جاذب بهینه برای کاهش COD از شیرابه توسط کمپوست تیمار شده در 600°C نیز نشان داد که با افزایش مقدار جاذب، درصد جذب افزایش یافت. دستیابی به راندمان بیشتر کاهش COD شیرابه توسط این جاذب با افزایش مقدار جاذب ممکن به نظر می‌رسد که با توجه به ارزان قیمت بودن و دسترسی آسان آن، این امر قابل توجیه می‌باشد. از طرف دیگر، جذب COD از پساب شهری توسط جاذب خام و تیمار شده نیز نشان داد که با پایین بودن غلظت COD اولیه، درصد حذف با کمپوست خام و تیمار شده در 600°C به ترتیب به 41/2 و 58/8 درصد افزایش یافت.

کلمات کلیدی: کمپوست، فلزات سنگین، شیرابه، جذب سطحی، تیمار حرارتی، سینتیک جذب، هم‌دمای جذب

فصل اول
مقدمه

1-1- کلیات

در قرن اخیر پیشرفت تکنولوژی و ازدیاد جمعیت با تولید و مصرف بیش از اندازه موجب ناگواری‌های بسیاری برای محیط‌زیست و زندگی موجودات آن شده است. به طوری که همراه با مدرنیزه شدن سبک زندگی و رشد تجاری و صنعتی در اکثر کشورهای جهان در دهه‌ی گذشته، پسماندهای جامد شهری و صنعتی نیز با سرعت زیادی افزایش یافته‌اند. در این میان تولید مواد و کالاها، آلودگی و پسماندهای ناشی از آنها بخش چشمگیری از کل آلودگی‌های محیط‌زیست را تشکیل می‌دهند. شدت آلودگی حاصل از مواد زائد در شهرها به گونه‌ای است که توجه منابع علمی و اجرایی جهان را نسبت به دفع صحیح یا بازیافت اصولی این مواد جلب کرده است. دفن آخرین مرحله از مدیریت مواد زائد جامد و مکمل تمام روش‌ها محسوب می‌شود. دفن بهداشتی در زمره اولین روش‌های رایج، اقتصادی و قابل قبول دفع مواد زاید جامد در اغلب کشورهای جهان شناخته شده است [172]. براساس مطالعات سازمان بهداشت جهانی، دفن بهداشتی بیشترین کاربرد را در بسیاری از کشورها مانند فرانسه، کانادا، آمریکا، نروژ، انگلستان، اسپانیا و ایتالیا دارد [136]. دفن بهداشتی عبارت است از ریختن مواد زائد جامد در داخل ترانشه‌ها و یا گودال‌های طبیعی و مصنوعی با روش‌های مهندسی و بهداشتی و سپس پوشاندن این ترانشه‌ها وگوداله-ها توسط خاک. در کنار فوائد اقتصادی، کمینه‌کردن و مجزاکردن زیست محیطی زباله‌ها این روش باعث می‌شود که پسماندها تحت شرایط کنترل شده تجزیه شوند تا مواد تثبیت شده در موقع انتقال بی‌ضرر باشند. پس از دفن پسماند، در اثر تغییرات بیولوژیکی و واکنش‌های فیزیکی - شیمیایی و تجزیه قسمت آلی پسماند و نیز به دلیل نفوذ رطوبت ناشی از بارندگی به لایه‌ها، مایعی بسیار آلوده به نام شیرابه تولید می‌شود [94]، که حاوی مقادیر زیادی مواد

آلی (تجزیه‌پذیر و مقاوم در برابر تجزیه) و شامل ترکیباتی مانند نیتروژن آمونیاکی، فلزات سنگین، مواد آلی کلردار و نمک‌های معدنی می‌باشد. لذا شیرابه‌های تصفیه نشده با نفوذ به آب‌های زیرزمینی یا مخلوط شدن با آب‌های سطحی، انتشار در خاک، ایجاد بوی نامطبوع و انتشار آئروسل باعث بروز آلودگی می‌شوند [53]. یکی از مشکلات عمده در ارتباط با مدیریت مراکز دفن مواد زاید شهری مربوط به تولید و تصفیهٔ شیرابه است. اصولا مراکز دفنی که در نواحی با بارندگی زیاد قرار دارند، تولید شیرابه بمراتب بیشتر از مراکز دفن دیگر دارند. در نتیجه، خطر جاری شدن شیرابه به رودخانه‌ها و آبهای سطحی و زیرزمینی و آلودگی آنها نسبتا بالاست. با توجه به حیاتی بودن سفره-های آب زیرزمینی در کشور کم آبی مثل ایران، رسیدگی به مسئله شیرابه بسیار ضروری و حائز اهمیت است. فاکتورهای زیادی برکمیت و کیفیت شیرابه موثراند از جمله تغییرات فصلی، تکنیک های دفن، روشهای متراکم سازی و پرنمودن جایگاه دفن، نوع و ترکیب ماده زاید دفن شده، ساختار لندفیل و غیره. علاوه بر موارد فوق تغییرات شیرابه زباله نیز بستگی زیادی به عمر محل دفن زباله دارد [102].

امروزه تحقیقات زیادی بر روی جمع‌آوری، ذخیره، تأثیرات شیرابه‌های آلوده‌کننده و تصفیه آنها انجام شده است. تحقیقات منتشر شده در خصوص تأثیرات شیرابه‌ها، در مقاله‌های جهانی از سال 1973 گزارش شده است. تصفیه شیرابه مانند سایر فاضلابها، روشی مناسب در کاهش حجم آن است. روش‌های مختلف تصفیه شیرابه؛ روش-های فیزیکی-شیمیایی و بیولوژیکی هستند. تکنولوژی تصفیه بیولوژیک (شامل فرایندهای هوازی و بی هوازی) به نحو موثری جهت تصفیه شیرابه‌هایی که BOD_5/COD درآنها بالاست مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی به دلیل وجود مواد سمی و نیز تصفیه شیرابه زباله‌های قدیمی فرآیندهای تصفیه فیزیکی- شیمیایی نیز توسعه یافته است [147]. فرآیندهای فیزیکی-شیمیایی جهت پیش تصفیه، تصفیه کامل و یا به عنوان تصفیه نهایی بعد از تصفیه بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فرآیندها شامل انعقاد-لخته سازی، ترسیب، اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی توسط کربن فعال، فیلتراسیون غشایی شامل اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون می باشند [46].

راهکارهای متنوعی از جمله کنترل کمیت و کیفیت زائدات ورودی به محل دفن، کنترل آب‌های سطحی و تسریع در فرآیند تجزیه بیولوژیکی زباله (مانند بازگشت مجدد شیرابه به محل دفن) جهت کنترل و مدیریت شیرابه تولیدی در محل دفن بهداشتی اگرچه مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما هیچ کدام از راهکارهای مذکور نمی‌تواند پتانسیل آلودگی شیرابه را از بین ببرد. بنابراین تنها راه‌حل ممکن، کنترل نهایی و تصفیه شیرابه تا حد استانداردهای قابل قبول است [41]. با توجه به سختگیرانه‌تر شدن روزبه‌روز استانداردهای زیست محیطی لزوم تصفیه دقیق‌تر و کامل‌تر شیرابه تا حد این استانداردها نیاز می‌باشد که دست‌یابی به این مهم می‌تواند با استفاده از فرآیند جذب سطحی امکان‌پذیر گردد.

2-1- جذب سطحی

جذب سطحی با توجه به کارایی و کاربرد آسان یکی از روش‌های رایج تصفیه آلاینده‌ها معرفی شده است [174]. در این روش، آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین در سطح منافذ جاذب‌هایی که در واقع ترکیبات غیرقابل حل در آب می‌باشند، جذب سطحی می‌شوند. یکی از جاذب‌هایی که برای جذب فلزات سنگین و ترکیبات آلی بسیار

مورد استفاده قرارگرفته، کربن فعال تهیه شده از مواد گوناگون است. اما به دلیل هزینه بالایی که در مراحل فعال-سازی آن صرف می‌شود بسیار گران قیمت بوده به‌طوری‌که صاحبان صنایع رغبت زیادی جهت تهیه و استفاده از آن نشان نمی‌دهند. در سالهای اخیر استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. جاذب‌های ارزان قیمت جاذب‌هایی هستند که به فراوانی یافت شده و در دسترس می‌باشند و هزینه آماده‌سازی آنها بسیار پایین است. این جاذب‌ها عمدتا از مواد زائد حاصل از فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و زیست جاذب‌ها هستند و بیشتر پایه سلولزی دارند [27]. استفاده از شلتوک برنج، خاک اره، پوست میوه‌های مختلف، پوست بادام و بادام زمینی، سبوس برنج و سبوس گندم و بسیاری مواد دیگر توسط محققین به عنوان جاذب گزارش شده است که کارایی خوبی را در جهت جذب سطحی آلاینده‌ها و بخصوص فلزات سنگین از خود نشان داده‌اند [165]. سادگی تکنیک استفاده، عدم نیاز به فرآیندهای فراوری و اصلاح پیچیده، کارائی جذب سطحی بالا و انتخابی عمل کردن جهت جذب آلاینده‌ها از مزایای این جاذب‌ها می‌باشند [165].

1-3- فلزات سنگین

امروزه فلزات سنگین از بیشترین اهمیت در میان سایر آلاینده‌ها برخوردار هستند. این مسئله به دلیل خاصیت تحرک‌پذیری در اکوسیستم آبی و سمیت بالای آنهاست. فلزات سنگین باعث انواع مشکلات برای سلامت عمومی و انسانی می‌شوند. یون‌های فلزات سنگین از آلاینده‌های پایدار و مقاوم بوده که در محیط زیست قابل تجزیه و تخریب نیستند. این یون‌ها با تجمع در طول زنجیره غذایی باعث مشکلات عدیده‌ای برای موجودات می‌گردند. خطرات ناشی از مصرف فلزات سنگین برای سلامتی بسیار وسیع بوده به طوری که برخی از فلزات نظیر مس و روی سبب ناراحتی‌های ساده و برخی دیگر سبب بیماری‌هایی نظیر آسیب به سیستم حیاتی بدن و حتی سرطان و جهش-زایی می‌گردند. فاضلاب‌های صنعتی و شهری حاوی انواع فلزات سنگینی هستند که نقش عمده‌ای را در آلوده‌کردن منابع آبی دارند. صنایع مختلفی از قبیل صنایع الکترونیک، کارخانجات تولید کود شیمیایی، رنگرزی و نساجی، داروسازی، شیشه‌سازی، نیروگاه‌های حرارتی و غیره در تولید این‌گونه فاضلاب‌ها سهیم هستند [45].

با توجه به موارد یادشده و به منظور جلوگیری از آسیب‌های ناشی از فلزات سنگین، ضروری است که از ورود این فلزات به محیط زیست جلوگیری به عمل آید. روش‌های متعددی برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی وجود دارند. اهمیت فرآیند جذب سطحی در تصفیه فاضلاب‌ها از فلزات سنگین در مطالعات مختلف مشخص شده است.

1-4- اهداف تحقیق

مطالعات زیادی در رابطه با فرآیند جذب سطحی با استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت برای تصفیه فاضلاب و جذب فلزات سنگین در ایران صورت گرفته است. اما تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تصفیه فاضلاب و شیرابه با استفاده از کمپوست مدنظر محققین نبوده است [7، 12، 13، 15، 16]. لذا در این تحقیق اهداف زیر مدنظر بود:

1- بررسی کارایی کمپوست زباله‌های شهری به‌عنوان جاذب در حذف فلزات سنگین مس و کروم از محلول-های آزمایشگاهی به صورت خام و تیمار شده

2- بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر کارایی جذب فلزات سنگین توسط کمپوست خام و تیمار شده

3- آزمایشات احیاء مواد جاذب

4- اصلاح خصوصیات جاذب با استفاده از تیمار حرارتی

5- بررسی کارایی جاذب خام و تیمار شده در تصفیه شیرابه

فصل دوم
مروری بر منابع

2-1- تولید شیرابه

در محل دفن زباله مواد از نظر فیزیکی در سه فاز مشاهده می‌شوند، فاز جامد (زباله)، فاز مایع (شیرابه) و فاز گاز (بیوگاز). شیرابه به عنوان یک سیال مایع شناخته شده است که تولید آن نتیجه نفوذ بارش‌ها در میان پسماندها، فرآیند بیوشیمیایی در پسماندها و محتوای آبی خود پسماندها است. در اصل شیرابه از تجزیه مواد آلی و یا از منابع خارجی مثل زهکش آبهای سطحی، آب باران و آبهای زیرزمینی که وارد مواد زائد می‌شوند بوجود می‌آید، که حاوی مواد محلول و معلق از جنس آلی و معدنی می‌باشد. با قرارگرفتن مواد زائد در محل دفن بهداشتی تغییرات خودبه‌خودی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مانند تجزیه موادآلی فسادپذیر به شکل هوازی و بی‌هوازی، اکسیداسیون، ایجادگاز و رهاشدن آن در فضا، حرکت مایعات، حل شدن و شسته شدن مواد آلی و معدنی توسط آب، حرکت مواد محلول تحت تاثیر گرادیان غلظت و غیره در آنها رخ می‌دهد [1].

تغییرات به صورتی است که پس از آنکه پسماند در محل دفن شد، تغییر فاز از مرحله کوتاه‌مدت اسیدی (هوازی)، به مرحله بسیار طولانی‌تر اسیدسازی و متان‌سازی (بی‌هوازی) اتفاق می‌افتد. شیرابه تولیدی در مرحله اسیدی حاوی مقدار زیادی از اسیدهای چرب فرار می‌باشد. این مواد وزن مولکولی کمی داشته، بخش اعظم مواد آلی موجود در شیرابه را تشکیل داده و از لحاظ بیولوژیکی نیز به آسانی تجزیه‌پذیر می‌باشند [172]. نسبت اکسیژن-خواهی بیوشیمیایی به اکسیژن‌خواهی شیمیایی (BOD_5/COD) شیرابه تازه در مرحله اسیدی 0/4 تا 0/5 است [83].

در طول مرحله متان‌سازی، باکتری‌های متان‌ساز اسیدهای چرب فرار را تجزیه کرده و با کاهش میزان مواد آلی شیرابه، pH را به بالاتر از 7 افزایش می‌دهند. پس از این تجزیه تنها ترکیبات هیومیک که وزن مولکولی بالایی دارند

در شیرابه باقی می‌مانند. از آنجا که BOD بسیار سریعتر از COD کاهش می‌یابد، نسبت BOD/COD در شیرابه تثبیت شده کمتر از 0/1 می‌باشد [66].

تولید شیرابه‌ها به خود پسماندها بستگی دارد، به طور مثال به درجه فشردگی و ترکیبات آب‌های ورودی به منطقه. هنگامی که فشرده‌سازی پسماندهای کمتر باشد، تولید افزایش می‌یابد. در نتیجه سرعت تصفیه یا فشرده سازی کاهش می‌یابد [97].

2-1-1- کمیت شیرابه تولیدی بر اساس موازنه جرم آب[1] (WMB)

میزان شیرابه تولیدی در محل دفن بستگی مستقیم به رابطه موازنه آب دارد. بطور کلی فاکتورهایی که بر روی کمیت و کیفیت شیرابه موثرند عبارتند از: اندازه مواد، میزان تراکم زباله، ترکیب زباله، هیدرولوژی سایت دفن، طراحی خاک پوششی، سن زائدات، نحوه طراحی و بهره برداری محل دفن و دستورالعمل نمونه برداری.

موازنه آب شامل مجموعه آب ورودی به محل دفن منهای مقادیر آب مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی و مقدار آب خارج شده به‌شکل بخار آب می‌باشد. اجزای موازنه آب در تولید شیرابه عبارتند از: منابع اصلی آب ورودی به محل دفن شامل آب وارد شده از بالای محل دفن (آب باران و رواناب سطحی)، رطوبت موجود در مواد زائد جامد و لجن و رطوبت خاک پوششی می‌باشند. آب‌های خروجی نیز شامل آب‌های مصرف شده در تولید گاز محل دفن(آبی که در تشکیل گاز محل دفن مصرف می‌شود) و بخار آب اشباع در گاز تولیدی محل دفن شیرابه هستند. بطور متوسط مقدار آب مصرف شده در تشکیل گازهای محل دفن به ازای هر کیلوگرم مواد زائد تجزیه پذیر حدود 0/165کیلوگرم می باشد [5].

رابطه موازنه آب در تولید شیرابه:

$$LC = PR + SRT - SRO - EP - ST$$ معادله 2-1

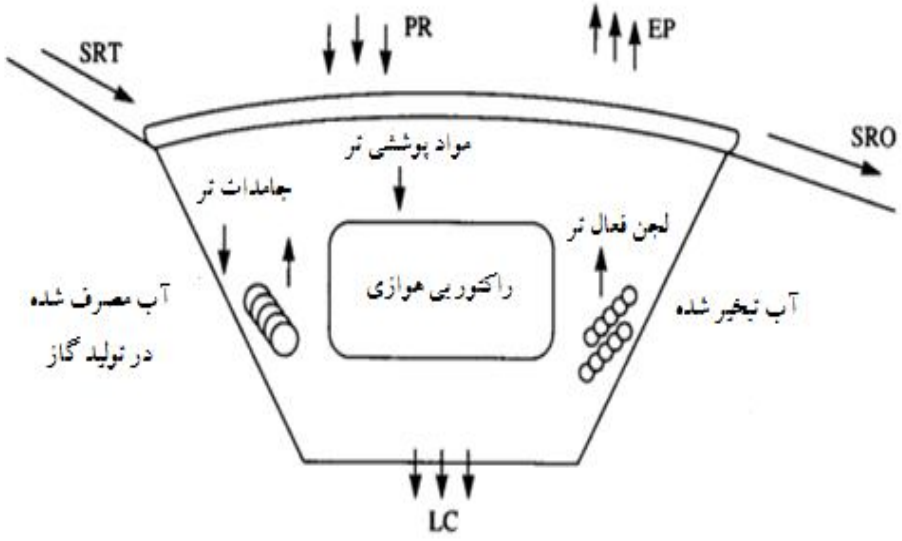
که در آن LC شیرابه تولیدی، PR بارش، SRT رواناب سطحی ورودی به سلول دفن (محل دفن بایستی طوری طراحی گردد که SRT=0 باشد)، SRO رواناب سطحی خروجی از محل دفن، EP تبخیر و تعرق و ST تغییر در میزان ذخیره آب می باشد(شکل 2-1) [97].

روش‌های دفن زباله (پوشش های عایق آب، تجهیزات خطی مانند رس و منسوجات پلاستیکی و یا پارچه‌ای) روش‌های ثابت شده برای کنترل کمیت آب‌های ورودی به منطقه و همچنین کاهش تأثیرات آلودگی می‌باشند. آب و هوا تأثیر زیادی بر روی تولید شیرابه دارد زیرا این تولید تحت تأثیر بارش های ورودی و تبخیر آب‌ها می باشد [5].

[1] Water Mass Balance

2-2- خصوصیات شیرابه

خصوصیات شیرابه به وسیله پارامترهای اصلی مانند BOD، COD، نسبت BOD به COD، pH، جامدات معلق(SS) [1]، نیتروژن آمونیوم(NH_3-N)، کل نیتروژن کلدال[2](TKN) و فلزات سنگین نشان داده می‌شود.



شکل 2-1- اجزای موازنه آب در تولید شیرابه [97]

با گذشت زمان از دفن زباله ها نسبت BOD به COD به سرعت کاهش می‌یابد [40]. که این عمل به آزاد شدن مداوم مقدار زیادی از مولکول‌های آلی از پسماندهای جامد منجر می‌شود. در نتیجه شیرابه‌های قدیمی تشکیل شده از نسبت پایین BOD به COD و نسبت بالای NH_3-N برخوردارند. ترکیب شیرابه‌ها در طی تکامل پسماندها دارای ارتباط گسترده‌ای با مراحل متوالی هوازی، استوژنیک[3]، متاژنیک[4] و تثبیت ضایعات[5] می‌باشد. سه نوع از پسماندها براساس سن در جدول 2-1 مشخص شده‌اند. وجود روابط بین سن دفن زباله‌ها و ترکیبات مواد آلی یک معیار مناسب برای انتخاب یک پروسه‌ی تصفیه مناسب را فراهم می سازد. شکل 2-2 نیز تعادل COD در واکنش‌های آلی در محل دفن مواد آلی را نشان می‌دهد [97].

[1] Suspended Solids
[2] Total Kjeldahl Nitrogen
[3] Acetogenic
[4] Methanogenic
[5] Stabilization stages of the waste