بسم اللّه الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

جذب و واجذب نیکل و کادمیوم روی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت ایران در حضور کلسیت

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک

عاطفه فیض بخشیان

اساتید راهنما

دکتر حسین شریعتمداری

دکتر حسین خادمی

1390

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک خانم عاطفه فیض بخشیان

تحت عنوان

جذب و واجذب نیکل و کادمیوم روی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت ایران در حضور کلسیت

در تاریخ 90/11/29 توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب قرار گرفت.

1- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر حسین شریعتمداری
2- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر حسین خادمی
3- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر مهران شیروانی
4- استاد داور	دکتر محمدعلی حاج عباسی
5- استاد داور	دکتر جهانگیر عابدی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر احمد ریاسی

هوالشکور

خدا را شاکرم که باز هم مثل همیشه سبب‌ساز شد تا برگ دیگری از زندگی‌ام به سلامت ورق بخورد. از همه کسانی که در این راه یاریم کردند تشکر می‌کنم. از پدر و مادر عزیزم که هر چه دارم و ندارم از دعای خیر ایشان است. از همسر عزیزم که صبورانه در طول انجام پروژه مرا یاری کرد و موجب دلگرمی‌ام بود. از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر شریعتمداری و جناب آقای دکتر خادمی که اساتید علم و اخلاق من بودند. و از استاد گرامی دکتر شیروانی که زحمت مشاوره این پژوهش را متقبل شدند. تشکر می‌کنم از اساتید گرامی جناب آقای دکتر حاج‌عباسی و دکتر عابدی که زحمت بازخوانی این پایان‌نامه را پذیرفتند. از اساتید گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان که در دوران دانشجویی افتخار شاگردیشان را داشتم. از مسئولان و کارکنان آزمایشگاههای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان تشکر می‌کنم. و باز هم خدا را شاکرم به دلیل نعمت‌های فراوانی که در این را به من عطا کرد، از جمله دوستانی که بودن در کنار ایشان از شیرین ترین خاطرات زندگی من است. تشکر می‌کنم از خانم‌ها سمیه بختیاری، فاطمه قاسمی، عفیفه موسوی، زهره محمودی، نرگس زمانی، شیوا ترابی، پریسا خسروی که در طول انجام آزمایشات مرا یاری نمودند و دیگر بزرگوارانی که دوستی با ایشان افتخار من است.

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

تقدیم به مهربان‌ترین پدر عالم وجود...

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده 1

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

1-1- مقدمه 2

1-1-2-اهداف تحقیق 4

1-1-2-اهداف تحقیق ۴

1-2- بررسی منابع 5

1-2-1- نیکل 8

1-2-2- کادمیوم 14

1-2-3- بنتونیت 20

1-2-4- زئولیت 24

1-2-5- سپیولیت 32

1-2-6- کلسیت 36

1-2-7- جذب فلزات سنگین 39

1-2-8- مروری بر مطالعات انجام شده روی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حذف فلزات سنگین 40

فصل دوم: مواد و روش ها

2-1- جذب کننده ها 52

2-1-1- آماده ساز ی کانی ها 52

2-1-2- تهیه مخلوط کانی- کلسیت 53

2-1-3- تعیین ماهیت و برخی ویژگی های شیمیایی کانی ها 53

2-2- مواد شیمیایی مورد استفاده 53

2-3- همدمای جذب نیکل 53

2-4- سینتیک جذب نیکل 54
2-5- آزمایش واجذب نیکل 54
2-6- همدمای جذب کادمیوم 55
2-7- سینتیک جذب کادمیوم 55
2-8- آزمایش واجذب کادمیوم 55
2- 9- مدل های مورد استفاده در بررسی داده ها 56
2- 9- 2- محاسبات همدماهای جذب 58
2- 9 -3-تئوری مدلهای سینتیکی 59
2-9- 4- محاسبات سینتیک جذب 61
2- 9- 5- محاسبات آزمایشات واجذب 61

فصل سوم: نتایج و بحث

3-1- ویژگیهای کانیهای مورد مطالعه 64
3-2- جذب تعادلی نیکل به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 66
3-2-1- ویژگیهای جذبی کانیها برای نیکل 66
3-2-2- اثر کلسیت بر همدماهای جذب نیکل روی بنتونیت 71
3-2-3- اثر کلسیت بر همدماهای جذب نیکل روی زئولیت 74
3-2-4- اثر کلسیت بر همدماهای جذب نیکل روی سپیولیت 78
3-3- جذب تعادلی کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 81
3-3-1- ویژگیهای جذبی کانیها برای کادمیوم 81
3-3-2- اثر کلسیت بر همدماهای جذب کادمیوم روی بنتونیت 83
3-3-3- اثر کلسیت بر همدماهای جذب کادمیوم روی زئولیت 86
3-3-4- اثر کلسیت بر همدماهای جذب کادمیوم روی سپیولیت 89
3-4- مقایسه جذب تعادلی نیکل و کادمیوم 92

3-4-1- مقایسه جذب تعادلی نیکل و کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در سیستم بدون کلسیت 92

3-4-2- مقایسه جذب تعادلی نیکل و کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور 20 درصد کلسیت 94

3-5- سینتیک جذب نیکل به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 96

3-5-1- اثر کلسیت بر سینتیک جذب نیکل روی بنتونیت 103

3-5-2- اثر کلسیت بر سینتیک جذب نیکل روی زئولیت 104

3-5-3- اثر کلسیت بر سنیتیک جذب نیکل روی سپیولیت 106

3- 6- سینتیک جذب کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 107

3-6-1- اثر کلسیت بر سینتیک جذب کادمیوم روی بنتونیت 114

3-6-2- اثر کلسیت بر سینتیک جذب کادمیوم روی زئولیت 115

3-6-3- اثر کلسیت بر سنیتیک جذب کادمیوم روی سپیولیت 117

3- 7- مقایسه سینتیک جذب نیکل و کادمیوم 118

3- 7- 1- مقایسه سینتیک جذب نیکل و کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در سیستم بدون کلسیت ۱۱۸

3- 7- 2- مقایسه سینتیک جذب نیکل و کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور 20 درصد کلسیت 121

3-8- بررسی پدیده پسماند در جذب نیکل و کادمیوم به وسیله کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 124

3-8-1- همدماهای واجذب نیکل به وسیله سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 124

3-8-2- همدماهای جذب- واجذب نیکل به وسیله سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت ۱۲۵

3-8-3- همدماهای واجذب کادمیوم به وسیله سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 133

3-8-4- همدماهای جذب- واجذب کادمیوم به وسیله سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت درحضورکلسیت..... 134

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

4-1- نتیجه‌گیری 142

4-2- پیشنهادات 146

فهرست اشکال و جداول

عنوان ..... **صفحه**

شکل 1-1– نمایی از ساختار سپیولیت 34

شکل 3-1- الگوی پراش پرتو ایکس کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت 65

شکل3-2- همدماهای جذب نیکل روی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش یافته با مدل‌های لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 70

شکل3-3- همدماهای جذب نیکل روی کانی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 73

شکل3-4- همدماهای جذب نیکل روی کانی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 77

شکل3-5- همدماهای جذب نیکل روی کانی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 80

شکل3-6- همدماهای جذب کادمیوم روی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 83

شکل3-7- همدماهای جذب کادمیوم روی کانی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 85

شکل3-8- همدماهای جذب کادمیوم روی کانی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 88

شکل3-9- همدماهای جذب کادمیوم روی کانی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله - کوریگان 91

شکل3-10- داده های همدمای جذب نیکل و کادمیوم به وسیله کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش یافته با مدل کوبله - کوریگان 93

شکل3-11- همدماهای جذب نیکل و کادمیوم روی کانیهای سپیولیت، بنتونیت و زئولیت در حضور 20 درصد کلسیت برازش یافته با مدل کوبله - کوریگان 95

شکل 3-12- تغییرات pH نهایی محلول تعادلی در همدمای جذب نیکل روی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 96

شکل3-13- نمایش سینتیک جذب نیکل روی سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 102

شکل3-14- نمایش سینتیک جذب نیکل روی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 104

شکل3-15- نمایش سینتیک جذب نیکل روی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 105

شکل3-16- نمایش سینتیک جذب نیکل روی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 107

شکل3-17- نمایش سینتیک جذب کادمیوم روی سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 113

شکل3-18- نمایش سینتیک جذب کادمیوم روی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 115

شکل3-19- نمایش سینتیک جذب کادمیوم روی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ..... 116

شکل3-20- نمایش سینتیک جذب کادمیوم روی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت برازش داده شده با مدلهای شبه رده اول، شبه رده دوم، پخشیدگی پارابولیک، تابع توانی و الوویچ 118

شکل3-21- نمایش سینتیک جذب نیکل و کادمیوم روی سه کانی سپیولیت، زئولیت و بنتونیت برازش یافته با مدل تابع توانی 120

شکل3-22- نمایش سینتیک جذب نیکل و کادمیوم روی سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور 20 درصد کلسیت برازش یافته با مدل تابع توانی..... 123

شکل3-23- همدماهای واجذب نیکل از کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت برازش یافته با مدل فروندلیخ125

شکل3-24- همدماهای جذب- واجذب نیکل روی کانی بنتونیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 129

شکل3-25- همدماهای جذب- واجذب نیکل روی کانی زئولیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 130

شکل3-26- همدماهای جذب- واجذب نیکل روی کانی سپیولیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 131

شکل3-27- همدماهای واجذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برازش یافته با مدل فروندلیخ..... 134

شکل3-28- همدماهای جذب- واجذب کادمیوم روی کانی بنتونیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 139

شکل3-29- همدماهای جذب- واجذب کادمیوم روی کانی زئولیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 140
شکل3-30- همدماهای جذب- واجذب کادمیوم روی کانی سپیولیت برازش یافته با مدل فروندلیخ 141
جدول 3-1- نتایج تجزیه عنصری کانیهای مورد مطالعه 66
جدول 3-2- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب نیکل 68
جدول 3-3- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب نیکل روی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 72
جدول 3-4- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب نیکل روی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 75
جدول 3-5- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب نیکل روی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 79
جدول 3-6- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب کادمیوم 82
جدول 3-7- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب کادمیوم روی بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 84
جدول 3-8- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب کادمیوم روی زئولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 87
جدول 3- 9- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدلهای لانگمویر، فروندلیخ و کوبله- کوریگان بر داده‌های جذب کادمیوم روی سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 90
جدول 3- 10- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل شبه رده اول بر داده‌های سینتیک جذب نیکل روی کانیهای سپیولیت، زئولیت و بنتونیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 97
جدول3-11- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل شبه رده دوم بر داده‌های سینتیک جذب نیکل روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 98
جدول3-12- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل الوویچ بر داده‌های سینتیک جذب نیکل روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 99

جدول 3-13- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل تابع توانی بر داده‌های سینتیک جذب نیکل روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 100

جدول 3-14- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل پخشیدگی پارابولیک بر داده‌های سینتیک جذب نیکل روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 101

جدول 3-15- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل شبه رده اول بر داده‌های سینتیک جذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 108

جدول 3-16- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل شبه رده دوم بر داده‌های سینتیک جذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر کلسیت 109

جدول 3-17- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل الوویچ بر داده‌های سینتیک جذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 110

جدول 3-18- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل تابع توانی بر داده‌های سینتیک جذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 111

جدول 3-19- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل پخشیدگی پارابولیک بر دادههای سینتیک جذب کادمیوم روی کانیهای بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور مقادیر مختلف کلسیت 112

جدول 3- 20- ثابتها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل فروندلیخ بر دادههای جذب- واجذب نیکل در حضور مقادیر مختلف کلسیت 127

جدول 3-21- متوسط درصد واجذب نیکل در سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 132

جدول 3-22- شاخص پسماند(AHI) جذب- واجذب نیکل در سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 133

جدول 3- 23- ثابت‌ها، ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد حاصل از برازش مدل فروندلیخ بر داده‌های جذب- واجذب کادمیوم 136

جدول 3-24- متوسط درصد واجذب کادمیوم از سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت 137

جدول3-25- شاخص پسماند جذب- واجذب کادمیوم در سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت..... 138

چکیده

با توجه به آلودگی روزافزون محیط زیست به فلزات سنگین در اثر کاربرد انواع فاضلاب و پسماند صنعتی، بررسی راه‌های مختلف برای حذف و کاهش اثرات زیان‌بار این عناصر مورد توجه محققان قرار گرفته است. جذب و نگهداشت این فلزات توسط مواد طبیعی نظیر کانی‌ها یکی از بهترین راه‌های کنترل آن‌ها محسوب می‌شود. فهم بهتر واکنش‌های جذب و واجذب و سینتیک جذب فلزات سنگین اطلاعات مهمی در اختیار محققین علوم زیست محیطی قرار می‌دهد تا راهکارهای بهتری برای پالایش محیط خاکی یا آبی آلوده به این فلزات به کار برند. در این پژوهش کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت طبیعی ایران در حضور مقادیر مختلف کلسیت به عنوان جاذب نیکل و کادمیوم که از فلزات سنگین مهم و خطرناک در محیط زیست به شمار می‌آیند، مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌های کانی سپیولیت و بنتونیت مورد استفاده در این تحقیق از معادن یزد و زئولیت مورد استفاده از معدن سیاه زاغ سمنان تهیه شدند. الگوی پراش پرتو ایکس، تجزیه عنصری و ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌ها تعیین گردید. نمونه‌ها پس از خالص‌سازی با نسبت‌های وزنی 0، 5، 10 و 20 درصد کلسیت مخلوط شد. آزمایشات همدمای جذب به روش پیمانه‌ای در محلول زمینه نیترات کلسیم 0/01 مولار در دمای آزمایشگاه در سه تکرار و به نسبت 100:1 جاذب به محلول فلز انجام شد. مقدار 30 میلی لیتر از محلول‌های نیکل وکادمیوم با 0/3 گرم از مخلوط جاذب در ظروف پلی‌اتیلنی ریخته شد. غلظت اولیه نیکل بین 5 تا $250\ mg\ L^{-1}$ و برای کادمیوم بین 5 تا $180\ mg\ L^{-1}$ برای همه جاذب‌ها بود. در این آزمایشات پس از مخلوط شدن به مدت 24 ساعت با شیکر دورانی، به وسیله سانتریفیوژ با شتاب 10000 g در مدت 10 دقیقه بخش محلول تعادلی از بخش جامد جدا و غلظت نیکل یا کادمیوم آن‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. pH محلول‌های تعادلی به طور تصادفی قرائت شد. مدل‌های همدمای جذب فروندلیخ، لانگمویر و کوبله - کوریگان به خوبی بر داده‌های جذب نیکل و کادمیوم برازش یافت. بیشترین مقدار جذب نیکل روی بنتونیت و بیشترین مقدار جذب کادمیوم روی سپیولیت مشاهده شد. حضور کلسیت در همه تیمارها باعث افزایش تمایل و ظرفیت جذب برای نیکل و کادمیوم گردید که احتمالاً از طریق افزایش pH و ایجاد گونه‌های جدیدی از فلز و نیز رسوب آن صورت گرفته است. آزمایشات سینتیک جذب دو عنصر در شرایط مشابه آزمایشات همدمای جذب، با غلظت‌های اولیه 250 و $180\ mg\ L^{-1}$ به ترتیب برای نیکل وکادمیوم و در زمان‌های 0/25 تا 24 ساعت انجام شد. نتایج این بخش نشان داد که از مدل‌های سینتیک جذب الوویچ، تابع توانی و پخشیدگی پارابولیک می‌توان در توصیف سینتیک جذب دو عنصر روی جاذب‌ها استفاده کرد. زمان رسیدن به تعادل به نوع کانی و مقدار کلسیت بستگی داشت و با افزایش کلسیت افزایش سرعت جذب نیکل و کادمیوم روی جاذب‌ها مشاهده شد و در زمان مشابه مقدار جذب نیکل روی بنتونیت و کادمیوم روی سپیولیت بیشتر از سایر سیستم‌های جذب بود. آزمایشات واجذب ازنمونه‌های غنی شده با استفاده از محلول250 و $180\ mg\ L^{-1}$ به ترتیب برای نیکل و کادمیوم با محلول الکترولیت 0/01 مولار نیترات کلسیم انجام شد و تا رسیدن نیکل یا کادمیوم محلول تعادلی به زیر حد تشخیص دستگاه ادامه یافت. نتایج همدمای واجذب نشان داد که بخش عمده نیکل و کادمیوم جذب شده روی بنتونیت، آزاد شده و احتمالاً جذب بر این کانی برگشت‌پذیر و غیر اختصاصی بوده است. حضور کلسیت واجذب نیکل از بنتونیت را کاهش داده ولی در مورد کادمیوم موفق نبوده است. واجذب نیکل وکادمیوم از زئولیت کمتر از بنتونیت بوده و با افزایش کلسیت در سیستم، کاهش یافته است. مقدار نیکل و کادمیوم آزادشده از سپیولیت نسبت به دوکانی دیگر کمتر است و بیانگر جذب برگشت‌ناپذیر و اختصاصی این فلزات روی سپیولیت می‌باشد. در مجموع به نظر می‌رسد در بین این سه کانی سپیولیت همراه با 20 درصد کلسیت بهترین جاذب برای جذب و نگهداشت دو فلز به ویژه کادمیوم است.

کلمات کلیدی: آلودگی، پسماند، جاذب ترکیبی، کانی رسی، همدمای جذب، سینتیک جذب.

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

1-1- مقدمه

آلودگی فلزات سنگین در خاک یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی جهان است. استفاده بی‌رویه از فاضلاب‌ها، لجن فاضلاب، آفت‌کش‌ها، انتشار شیرابه‌های ناقل فلزات سنگین، استخراج معادن و پیشرفت سریع صنایع بدون اعمال کنترل‌های مؤثر باعث تجمع فلزات سنگین در خاک شده است. حضور فلزات سنگین در خاک سلامت انسان، دام، گیاه و در مجموع محیط زیست را تهدید می‌کند [150]. بنابراین، تلاش زیادی در جهت کاهش آلاینده‌های خطرناک و در نتیجه ممانعت از اثرات مخرب آن‌ها بر جانوران، گیاهان و انسان لازم است. اگر غلظت فلزات به مقداری بیش از حد مجاز برسد، می‌تواند تهدید کننده سلامت باشد. حتی اگر غلظت فلزات از حد مجاز عبور نکند، باز هم پتانسیل آلودگی در دراز مدت وجود دارد، با توجه به این که مشخص شده است می‌توانند در سیستم‌های بیولوژیک تجمع یابند [141]. عناصر سنگین ذاتاً تجزیه ناپذیرند و تحت تأثیر تجزیه زیستی قرار نمی‌گیرند. همچنین نیمه عمر این عناصر در بدن انسان بسیار طولانی است و در مدت طولانی در بافت‌های زنده باقی می‌مانند. برای مثال نیمه عمر کادمیوم در بدن انسان 10 سال است [8].

هر چند خاک دارای ظرفیت طبیعی برای کاهش دسترسی زیستی و تحرک فلزات سنگین است، مقادیر زیاد این عناصر در خاک فرصت کاهش اثرات و کنترل آن‌ها را به خاک نمی‌دهد و منجر به آلودگی محصولات کشاورزی و آب‌های زیرزمینی می‌شود [128]. خطر جذب یون‌های فلزات سنگین از خاک‌های آلوده توسط گیاه بستگی به غلظت آلاینده در محلول خاک و تعادل جذب- واجذب دارد، که تعیین‌کننده توزیع آلاینده بین محلول خاک و جاذب است. واجذب یون‌های فلزی جذب شده درکانی‌ها و سایر عوامل تثبیت‌کننده در خاک، دسترسی زیستی این یون‌ها را در خاک‌های آلوده کنترل می‌کند [56].

بررسی اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب بر حرکت املاح، رطوبت خاک و برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان داده است که استفاده از لجن فاضلاب باعث افزایش غلظت قابل جذب عناصر سنگین سرب، کادمیوم، نیکل و کبالت در خاک می‌شود [8]. کادمیوم، روی، مس، نیکل، جیوه و کروم معمولاً در فاضلاب‌های صنعتی یافت می‌شوند و از فعالیت‌هایی از قبیل آبکاری فلزی، فعالیت‌های معدنی، گداخت، تولید باطری، آفت‌کش‌ها، صنایع هسته‌ای و سایر موارد مشابه منشأ می‌گیرند [141]. واثقی در بررسی تأثیر لجن فاضلاب بر قابلیت جذب فلزات سنگین و رشد گیاه در تعدادی از خاک‌های اسیدی و آهکی، گزارش کرد استفاده از لجن فاضلاب علاوه بر افزایش عملکرد گیاه، باعث افزایش معنی‌دار غلظت قابل جذب عناصر سرب، کادمیوم، نیکل و کبالت در خاک‌ها می‌گردد [10]. در یک جمع‌بندی کلی در سطح جهان گزارش شده است که سوخت‌ها و فرآیندهای صنعتی سالانه 2/4 میلیون تن از فلزات روی، وانادیم، سلنیم، سرب، نیکل، جیوه، مس، کروم، کادمیوم و آرسنیک تولید می‌نمایند. صنایع فلزی 0/39 میلیون تن در سال از همان فلزات را به محیط اضافه می‌کنند، در حالی که سهم کشاورزی1/4 میلیون تن و کارخانه‌ها 0/24 میلیون تن در سال است [29].

راه‌های مختلفی برای حذف یا تثبیت فلزات سنگین، اصلاح خاک‌های آلوده و جلوگیری از ورود فلزات سنگین به چرخه غذایی استفاده شده است. مهم‌ترین این روش‌ها عبارتند از: 1- تثبیت شیمیایی با افزایش برخی مواد غیرسمی به خاک، 2- برداشتن خاک سطحی آلوده و جایگزین کردن آن با خاک غیرآلوده، 3- پوشاندن خاک آلوده با خاک غیرآلوده، 4- شستشوی درجا با عوامل شیمیایی، 5- رقیق-کردن خاک سطحی طی مخلوط کردن آن با خاک عمقی و 6- گیاه پالایی. روش‌های 2 تا 5 تکنیک های پیشرفته و قابل قبولی نیستند زیرا علاوه بر هزینه زیاد، آلودگی را در سطح وسیعی پراکنده می‌کنند. روش گیاه پالایی توصیه می‌شود ولی هنوز لازم است تحقیقات بیشتر و دقیق‌تری در باره آن انجام شود.

روش 1 بیش از سایر روش‌ها گسترش یافته است. در این مورد افزاینده‌های مختلفی نظیر آهک، زئولیت، کانی‌های رسی، کمپوست، پیت، خاکسترهای آتشفشانی، کانی‌های فسفاته، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و بقایای گیاهی استفاده می‌شود [128]. زئولیت، بنتونیت و سپیولیت به علت سطح ویژه وسیع، ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد، قیمت ارزان سهولت دسترسی، به عنوان مؤثرترین مواد برای جذب فلزات سنگین در خاک‌ها و آب‌های آلوده شناخته شده‌اند[41، 56 و128].

کادمیوم و نیکل به دلیل کاربرد مکرر در کشورهای در حال توسعه و نیز طبیعت تخریب ناپذیرشان از مهم‌ترین فلزات سنگین هستند [141]. اطلاعات زیادی در رابطه با جذب و آزادسازی فلزات سنگین از کانی‌های رسی به ویژه بنتونیت، زئولیت و سپیولیت وجود دارد. همچنین انتقال این عناصر از خاک به گیاه و کاربرد این کانی‌ها به عنوان پالاینده خاک بررسی شده است. ولی درباره تأثیر حضور کلسیت همراه با زئولیت، بنتونیت، سپیولیت بر جذب فلزات سنگین به ویژه نیکل توسط این کانی‌ها اطلاعات کافی در دست نیست. بنابراین این پژوهش با فرضیات و اهداف زیر انجام شد.

1-1-1- فرضیات تحقیق

1- بنتونیت، زئولیت و سپیولیت قادر به جذب نیکل و کادمیوم از محیط‌های دارای این فلزات می‌باشند.

2- حضور کلسیت بر جذب و واجذب نیکل و کادمیوم توسط بنتونیت، زئولیت و سپیولیت مؤثر است.

3- همدماهای واجذب نیکل و کادمیوم از کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت نسبت به همدماهای جذب این فلزات متفاوت می‌باشند.

4- حضور کلسیت همدماهای جذب و واجذب نیکل و کادمیوم توسط کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

1-1-2-اهداف تحقیق

1- تعیین ویژگی‌های جذبی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت برای نیکل و کادمیوم بر اساس همدماهای جذب در حضور کلسیت.

2- بررسی اثر سطوح مختلف کلسیت بر جذب نیکل و کادمیوم توسط سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت .

3- مقایسه سرعت جذب نیکل و کادمیوم روی کانی‌های بنتونیت، زئولیت و سپیولیت در حضور کلسیت.

4- بررسی نقش کلسیت بر واجذب نیکل و کادمیوم از سه کانی بنتونیت، زئولیت و سپیولیت .

2-1- بررسی منابع

مکانیسم‌های جذب و نگهداری آلاینده‌ها در خاک یا مواد طبیعی به دلیل اهمیت کنترل آلودگی در محیط زیست، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. بعلاوه، رفتار جامدات طبیعی بسیاری در حذف ترکیبات سمی از سیستم‌های آبی یا جلوگیری از پخش مولکول‌های سمی در اتمسفر، مورد بررسی قرار گرفته است [78]. وجود عناصر سنگین و کمیاب در خاک‌های بکر معمولاً به سنگ‌شناسی منطقه و مواد مادری خاک و فرآیندهای ژئوشیمیایی و پدولوژیک مسئول تشکیل خاک وابسته است. با این حال بسیاری از فعالیت‌های انسان شامل فعالیت‌های کشاورزی، مثل استفاده از کودهای فسفاته، آفت‌کش‌ها، جریان فاضلاب و کاربرد مواد جامد زیستی باعث افزایش عناصر کمیاب در خاک گردیده است [59]. یکی از زمینه‌های مهم در این مبحث، کنترل فلزات سنگین و شبه فلزات سمی نظیر آرسنیک در خاک‌ها و محلول‌های آبی است [77]. این مواد به عنوان آلاینده‌های مهم در خاک و آب‌های زیرزمینی شناخته شده‌اند که از طریق فعالیت‌های مختلف انسانی انتشار می‌یابند [130]. کارخانه‌های آبکاری فلزی، عملیات معدن‌کاری، دباغی، صنایع سرامیک، عملیات رنگ‌کاری و باطری‌سازی، تولید فاضلاب مایع می‌کند که با فلزات سنگین آلوده شده و عمدتاً بدون تصفیه کافی در محیط زیست وارد می‌شود. بعلاوه، بسیاری از نواحی بدون کنترل‌های لازم برای پسماند جامد، برای انباشت فاضلاب حاوی مقادیر قابل توجه فلزات سنگین استفاده می‌شوند. از جمله عناصر سمی که در محیط‌های آلوده یافت می‌شوند، منگنز، آهن، روی، جیوه، کروم، مس، آرسنیک، نیکل، کادمیوم و سرب است.

خاک‌های کشاورزی پتانسیل انباشت دراز مدت فلزات سنگین نظیر مس، روی، سرب، نیکل، کادمیوم و کروم را دارند. منابع اصلی ورود فلزات سنگین به این خاک‌ها شامل فرونشست جوی، لجن فاضلاب، کودهای دامی، کودهای شیمیایی و آهک، مواد شیمیایی کشاورزی، کمپوست‌ها، فاضلاب صنعتی و آب آبیاری است. فرونشست جوی مهمترین منبع ورود اغلب فلزات به اراضی کشاورزی است و کودهای دامی و لجن فاضلاب نیز به طور موضعی منابع مهمی در بسیاری از خاک‌های کشاورزی می‌باشند [101]. در امریکا کاربرد لجن فاضلاب و کودهای دامی به عنوان منبع کلیدی آلودگی فلزات در