

جذب بیولوژیکی اورانیم از محلول های آبی با استفاده از نانوذرات مغناطیسی

چکیده

در این تحقیق جذب زیستی اورانیوم با استفاده از ضایعات نیشکر بر روی نانو ذرات مگنیت سنتز شده به عنوان یک جایگزین مناسب برای روش های استخراج حلالی و تبادل یونی مورد بررسی قرار گرفته است. تفاله ی نیشکر شسته و خشک شده، پس از خرد شدن تا ابعاد زیر 120 میکرون، در دمای 300 درجه ی سانتی گراد در درون کوره سوزانده شد، و سپس در طی سنتز نانو ذرات مغناطیسی، به محیط واکنش افزوده شد. نانو جاذب زیستی- مغناطیسی حاصل برای آزمایش های جذب مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش ها نشان داد که بیشینه ی جذب اورانیم در pH برابر 3 حاصل می شود. مقادیر بهینه ی زیست توده، غلظت اورانیم و زمان تماس نیز به ترتیب برابر با 0,1 گرم، 50 میلی گرم بر لیتر و 120 دقیقه برآورد شدند. غلظت بهینه ی محلول نسبت به اورانیم که در آن میزان جذب به بیشینه مقدار خود رسید، 50ppm تعیین گردید. میزان بازیابی اورانیم در این غلظت بر 97/44 درصد بالغ گردید. مقدار بهینه ی جاذب که در آن حذف اورانیم به بیشینه مقدار خود رسید برابر 5 گرم بر لیتر برآورد شد. فرایند جذب از هر 3 مدل جذب لانگمویر، فروندلیچ و دوبنین- رادشویچ تبعیت می کند و این قضیه با جذب تک لایه ای، چند لایه ای و جذب در درون خلل و فرج جاذب یون های اورانیل مطابقت می کند. سینتیک واکنش جذب از هر دو مدل سینتیکی شبه مرتبه ی اول و دوم تبعیت می نماید

کلیدواژه ها:

ضایعات نیشکر، اورانیم، نانو جاذب زیستی- مغناطیسی، جذب زیستی

مقدمه

فصل اول - جذب زیستی

- 1-1- جذب زیستی چیست؟ 1
- 2-1- مقدمه‌ای بر استخراج فلزات از محلول‌های آبی 3
- 3-1- چگونگی جذب زیستی 6
- 1-3-1- سازوکار جذب زیستی 6
- 2-3-1- عامل‌های موثر بر فرآیند جذب زیستی 9
- 4-1- جاذب‌های زیستی 13
- 1-4-1- نانو جاذب زیستی - مغناطیسی 15
- 5-1- کاربردهای جذب زیستی 19
- 1-5-1- استفاده از جذب زیستی در تصفیه‌ی آب و پساب‌ها 19
- 2-5-1- جذب زیستی فلزات سنگین (فلزات سمی) از محیط آبی 21
- 3-5-1- تصفیه‌ی پساب صنعت هسته‌ای 27
- 6-1- جذب زیستی اورانیم 27

فصل دوم - اورانیم

- 1-2- مقدمه 31

2-2- تاریخچه ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-2-1- پیدایش ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

2-2-2- ترکیبات 32

2-2-3- ویژگی‌های قابل توجه اورانیم 32

2-2-4- گونه‌های اورانیم در صنعت 33

2-2-5- کاربردها 33

2-2-6- ایزوتوپ‌ها 35

2-2-7- هشدارها 35

2-2-8- مطالعه‌ی محلول اورانیل نیترات به عنوان محیط آبی سنتزی 36

2-2-8-1- خواص فیزیکی Error! Bookmark not defined.

2-2-8-2- خواص شیمیایی Error! Bookmark not defined.

فصل سوم- روش‌ها، مواد و تجهیزات

3-1- مواد مورد استفاده 38

3-2- دستگاه‌ها و روش‌ها 38

3-2-1- طیف‌سنجی آلفا بر پایه‌ی سوسوزنی مایع 38

3-2-2- پراش پودری پرتو ایکس (XRD) 38

3-2-3- میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) 39

3-2-4- تجزیه‌ی سطحی BET (BRUNAUER- EMMETT- TELLER) 39

3-2-5- تجزیه‌ی عنصری CHN 40

3-3- سنتز نانو جاذب زیستی- مغناطیسی 40

3-3-1- آماده سازی ماتریس پلی مری (تفاله‌ی نیشکر) 40

- 41 2-3-3- تهیه‌ی نانو جاذب زیستی - مغناطیسی
- 41 1-2-3-3- تهیه‌ی محلول آهن کلرید
- 41 2-2-3-3- اکسیژن زدایی محلول کلرید
- 42 3-3-3- تهیه‌ی محلول اورانیل نیترات
- 43 4-3- بررسی فرایند جذب و پارامترهای موثر بر آن
- 43 1-4-3- بررسی اثر PH
- 43 2-4-3- بررسی اثر زمان تماس
- 44 3-4-3- بررسی اثر غلظت اولیه‌ی محلول اورانیل نیترات
- 44 4-4-3- بررسی اثر مقدار جاذب
- 45 5-4-3- بررسی سینتیک فرایند جذب
- 45 1-5-4-3- مدل شبه مرتبه‌ی یک
- 45 2-5-4-2- مدل شبه مرتبه‌ی دوم
- 46 6-4-3- بررسی ایزوترم‌های جذب
- 46 1-6-4-3- ایزوترم لانگمویر
- 48 2-6-4-3- ایزوترم فرنلیچ
- 48 3-6-4-3- ایزوترم دوبنین رادشویچ

فصل چهارم - نتایج و بحث

- 51 1-4- خواص سنجی تفاله‌ی نیشکر آماده سازی شده
- 52 2-4- خواص سنجی نانو جاذب زیستی - مغناطیسی تهیه شده
- 52 1-2-4- تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشی جاذب تهیه شده
- 53 2-2-4- الگوی پراش پرتو ایکس جاذب تهیه شده

54	.....BET تجزیه‌ی سطحی
54	.....تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشی جاذب در بعد از فرایند جذب
57	.....PH اثر
57	.....اثر زمان و سینتیک جذب
59	.....اثر غلظت اولیه‌ی محلول اورانیل نترات
61	.....اثر مقدار جاذب
61	.....مدل های ایزوترم جذب تعادلی در سیستم تک جزیی اورانیم
61	.....ایزوترم لانگمویر
63	.....ایزوترم فرندلیچ
63	.....مدل دوبنین رادشویچ

فصل پنجم - نتیجه گیری و پیشنهادها

66	.....نتیجه گیری
67	.....پیشنهادات
69	.....فهرست منابع

فهرست شکل‌ها

شماره صفحه

عنوان

شکل 1-1- ترتیب عملیات در فرآیندهای جذب سطحی و تبادل یونی.....4

شکل 1-2- طرح کلی فرایند استخراج با حلال.....5

شکل 1-3- ساختار ساده‌ی سلولز.....16

شکل 1-4- ساختار ساده‌ی همی سلولز.....17

شکل 1-5- ساختار لیگنین(سمت راست) و منومرهای حاضر در ساختار لیگنین(سمت چپ).....18

شکل 1-2- پودر اورانیل نیترات..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

شکل 2-2- ساختار اورانیل نیترات..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

شکل 1-3- تفاله‌ی نیشکر.....40

شکل 2-3- طرح کلی فرایند تهیه‌ی جاذب زیستی- مغناطیسی.....43

شکل 1-4- تصویر میکروسکوپ الکترون پوششی تفاله‌ی نیشکر قبل از همراه شدن با نانو ذرات

مغناطیسی (مقیاس 500 نانومتر).....51

شکل 2-4- تصویر میکروسکوپ الکترون پوششی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی تهیه شده (مقیاس 1

میکرون).....52

شکل 3-4- تصویر میکروسکوپ الکترون پوششی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی تهیه شده (مقیاس

500 نانومتر).....53

شکل 4-4- الگوی پراش پودری پرتو ایکس نانو جاذب زیستی- مغناطیسی تهیه شده.....54

شکل 4-5- تصویر میکروسکوپ الکترون پوششی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بعد از فرایند جذب اورانیوم از محلول اورانیل نیترات 50PPM (مقیاس 1 میکرون).....55

شکل 4-6- تصویر میکروسکوپ الکترون پوششی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بعد از جذب اورانیوم از محلول اورانیل نیترات 50PPM (مقیاس 500 نانو متر).....56

شکل 4-7- جذب یون‌های اورانیل به صورت تابعی از PH محیط..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

شکل 4-8- مدل سینتیکی شبه مرتبه‌ی اول.....58

شکل 4-9- مدل سینتیکی شبه مرتبه‌ی دوم.....58

شکل 4-10- بررسی اثر زمان تماس بین جاذب و محلول اورانیل نیترات بر میزان جذب یون‌های اورانیل.....59

شکل 4-11- بررسی اثر غلظت اولیه‌ی محلول اورانیل نیترات بر میزان جذب یون‌های اورانیل.
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

شکل 4-12- جذب اورانیوم بر روی ماتریس بر حسب تغییرات مقدار جاذب.....61

شکل 4-13- ایزوترم جذب اورانیوم بر روی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بر اساس مدل لانگمویر.....62

شکل 4-14- منحنی ایزوترم جذب اورانیوم بر روی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بر اساس ایزوترم فرنلیدج.....63

شکل 4-15- ایزوترم جذب اورانیوم بر روی نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بر اساس مدل دوبنین رادشویچ.....64

فهرست جداول

شماره‌ی صفحه

عنوان

جدول 1-1- زیست توده‌ها و رزین‌ها با ظرفیت جذب فلزی آن‌ها..... ERROR! BOOKMARK

NOT DEFINED.

جدول 1-2- ترکیب ساختاری تفاله‌ی نیشکر18

جدول 1-4- نتایج تجزیه‌ی عنصری تفاله‌ی نیشکر آماده‌سازی شده، با بهره‌گیری از تکنیک CHN

51.....

جدول 2-4- نتایج حاصل از معادله‌ی شرر..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

جدول 3-4- نمونه‌ای از پارامترهای مورد بررسی در تجزیه‌ی سطحی BET..... ERROR!

BOOKMARK NOT DEFINED.

جدول 4-4- تجزیه‌ی عنصری EDAX نانو جاذب زیستی- مغناطیسی بعد از جذب اورانیل نترات..56

جدول 4-5- پارامترهای ایزوترم لانگمویر برای اورانیم.....62

جدول 4-6- پارامترهای ایزوترم فرندلیچ برای جذب اورانیم.....63

جدول 4-7- پارامترهای مدل دوبینین رادشویچ برای جذب اورانیم بر روی نانو جاذب زیستی-

مغناطیسی.....64

مقدمه:

افزایش روزافزون قیمت نفت که منبع اولیه‌ی تهیه‌ی رزین‌های تبادل یونی و استخراج کننده‌های عالی می‌باشد، موجب افزایش هزینه‌ی فرآیندهایی می‌شود که برای جذب عنصر راهبردی اورانیم استفاده می‌شوند. به طور کلی عدم توانایی در استحصال کامل فلزات، هزینه‌ی بالا، مصرف بالای مواد و انرژی مصرفی زیاد و تولید پسماندهای سمی یا دیگر پسماندها که نیاز به دفع دارند، از دیگر معایب روش‌های متعارف است. این معایب، همه با هم ضرورت توسعه‌ی یک روش اقتصادی و مؤثر برای بازیابی فلزات از محلول‌ها را دو چندان می‌سازد. یکی از گزینه‌ها جذب زیستی است.

جذب زیستی یک فرایند بسیار مؤثر برای استحصال فلزاتی با غلظت بسیار پایین کمتر از 100 میلی-گرم بر لیتر از محلول‌های آبی است. طبیعت بسیار اقتصادی جذب زیستی آن را در زمره‌ی راهکارهای رقیب روش‌های سنتی حذف و استحصال انتخابی اورانیم و یا سمیت زدایی آن از محیط‌های آبی قرار می‌دهد. به دلیل هزینه‌های بسیار پایین جذب زیستی، بی شک در آینده‌ای نه چندان دور شاهد رشد استفاده از این فرایند در مقایسه با دیگر روش‌های معمول خواهیم بود. سازوکار جذب زیستی بر استفاده از زیست توده‌های مرده مبتنی است.

جذب زیستی نتیجه‌ی تعدادی از سازوکارهای مستقل است که در واقع در دیواره‌ی سلول انجام می‌شود. زیست توده‌ها می‌توانند جای‌گزین مناسبی برای رزین‌های تبادل یونی باشند و شرکت‌های مهندسی مشاور در طراحی فرآیند بازیابی و تصفیه‌ی آب به آن توجه خاص دارند. تهیه‌ی زیست توده‌ها خود می‌تواند فرآیندی سودآور و صنعتی نو را برای کشورها فراهم آورد.

در آمریکا سالانه بیش از 2 میلیارد دلار صرف استفاده از رزین‌های تبادل یونی می‌شود، که 300 میلیون دلار آن برای استحصال فلزات است و تنها چند شرکت بزرگ شیمیایی مانند روم و هاس¹، داو

¹ Rohm & Haas

شیمی¹، بایر² و چند شرکت دیگر در مقیاس محدود در سراسر دنیا به تولید این رزین‌ها می‌پردازند. هزینه‌ی استفاده از فرآیند جذب زیستی برای همین مقدار فلز برابر 30 میلیون دلار یعنی حدود یک دهم آن است.

هدف این تحقیق استفاده از نانو جاذب زیستی- مغناطیسی، برای حذف یون‌های اورانیل از محلول‌های آبی بوده است. استفاده از جاذب‌های زیستی برای جذب اورانیم و سایر فلزات سنگین همان‌طور که در ادامه‌ی این مطالعه آورده شده است، روشی بسیار متداول است. جذب زیستی مغناطیسی با به کارگیری دو روش جداسازی، جداسازی از طریق جذب و جداسازی مغناطیسی، امکان پذیر می‌باشد. اولی زمانی اتفاق می‌افتد که مولکول‌های سیال بر روی سطح جامد یک زیست توده جذب می‌شوند، وقتی بارگیری انجام شد، جاذب مغناطیسی می‌تواند با استفاده از یک آهن ربا و یا یک میدان مغناطیسی از پساب مایع بیرون کشیده شود و در نتیجه، مرحله‌ی پر هزینه‌ی عبور از صافی حذف می‌گردد.

در این پژوهش، نانو جاذب زیستی مغناطیسی با استفاده از تفاله‌ی نیشکر به عنوان ماتریس پلیمری همراه با نانو ذرات آهن از طریق هم رسوبی تهیه شده و سپس جذب و جداسازی اورانیم از محلول‌های آبی بر روی آن مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گرفته است.

در ادامه اثر عواملی چون pH محیط، غلظت اورانیم، مقدار جاذب، زمان جذب (زمان تعادل) و ... بر روی فرایند جذب اورانیم مورد مطالعه قرار گرفته، شرایط بهینه‌ی جذب و استخراج اورانیم از محیط‌های آبی معرفی شده است.

¹ Dow Chemicals

² Bayer

در فصل اول این پایان نامه، با اشاره ی مختصر به پیشینه ی تحقیقات انجام شده به معرفی جذب زیستی، مقایسه ی آن با سایر روش های مرسوم تخلیص و ضرورت های استفاده از این روش، همچنین چگونگی جذب زیستی، شرح سازوکار آن و عوامل موثر بر فرآیند جذب زیستی پرداخته شده است.

فصل دوم پیرو تحقیقات قبلی روی اورانیم به معرفی این عنصر به عنوان یکی از مهمترین فلزات سنگین راهبردی، تاریخچه و پیدایش، خواص و ترکیبات آن اختصاص یافته است.

فصل سوم به مواد و روش های مورد استفاده در این پژوهش اختصاص یافته است.

فصل چهارم به آزمایش های جذب زیستی- مغناطیسی اورانیم از محلول های آبی اختصاص دارد. همچنین تأثیر عوامل مختلف مانند pH، زمان تماس، مقدار نانو جاذب زیستی- مغناطیسی، غلظت محلول مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

فصل پنجم نیز نتیجه گیری و پیشنهادهای ارائه شده را شامل می شود.

فصل اول

پیشینه تحقیق

1-1- جذب زیستی چیست؟

به طور کلی جذب، قابلیت جذب شونده برای چسبیدن به جاذب می‌باشد که یک تکنیک جدید جدایش برای حذف آلاینده‌های رقیق و بازیابی محصولات با ارزش از جریان‌های آبی می‌باشد [1].

در دهه‌ی 80 خاصیت بعضی از میکروارگانیسم‌ها در تجمع برخی از عناصر کشف شد. میکروارگانیسم‌ها در ابتدا برای سمیت زدایی از محلول‌های صنعتی مورد توجه قرار گرفتند. اما به دلیل استفاده از موجودات زنده و در نهایت وارد شدن سموم به چرخه‌ی غذایی جانداران، توجه چندانی به آن‌ها نشد. تحقیقات بعدی بر استفاده از توده‌های زیستی غیرفعال یا مرده که فلزات را از طریق سازوکارهای شیمیایی- فیزیکی متفاوت جذب می‌کردند، متمرکز گردید [2].

روش‌های فرآوری زیستی- مانند تجمع زیستی¹ (بر روی یک زیست توده‌ی زنده) و جذب زیستی² (بر روی یک زیست توده‌ی مرده)- ارزان و ساده هستند [4]. در واقع استفاده از ارگانیسم‌های زنده ممکن است یک انتخاب مناسب برای فرآیندهای پیوسته باشد، زیرا حضور عناصر سمی در محلول، موجب تجمع آن‌ها در محیط زنده و در نهایت مرگ موجودات زنده می‌شود [4].

تحقیقات بسیاری نشان داده‌اند که استفاده از جذب زیستی می‌تواند یک راه بسیار ارزان برای بازیابی فلزات سنگین از محلول‌های آبی باشد [5 و 6].

سازوکارهای جذب زیستی بر پایه‌ی استفاده از زیست توده‌های مرده است. جذب زیستی نتیجه‌ی تعدادی از سازوکارهای مستقلی است که در واقع در دیواره‌ی سلول انجام می‌شود. سازوکارهای مختلفی برای زیست توده‌های مختلف وجود دارد [4].

جذب زیستی فرایندی است که با استفاده از زیست توده‌های مرده‌ی مناسب، فلزات را از محیط‌های آبی جذب می‌کند [7]. در طول 25 سال گذشته، پژوهش‌های گسترده بر روی جذب زیستی فلزات، اهمیت این پدیده‌ی مؤثر در جذب فلزات را نشان داده است [4].

¹ Bioaccumulation

² Biosorption

زیست توده‌های خاصی توانایی جذب و تغلیظ فلزات از محلول‌های بسیار کم عیار آبی را دارند [8].

جذب زیستی می‌تواند به خصوص در کاربردهای زیست محیطی برای حذف و بازیابی فلزات با هزینه-ی پایین، بسیار مناسب باشد [4].

جذب زیستی برتری‌های مشخصی را نسبت به روش‌های معمول دارد، که شامل هزینه‌ی پایین فرآیند، کمترین میزان پسماندهای شیمیایی و زیستی و بازده بالا در سمیت زدایی است [8].

جاذب‌های زیستی به کار رفته در فرآیند بارگیری فلزات از محلول‌های آبی به باکتری‌ها و قارچ‌ها، جلبک‌ها، خزها، پوسته‌های جانداران، پسماندهای صنعتی و کشاورزی و دیگر پلی ساکاریدها تقسیم می‌شوند [2].

تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده است که حتی پرده‌ی نازک پوست تخم مرغ¹ می‌تواند با برخی یون‌های فلزی محلول‌های آبی اتصال برقرار کند [3].

در سال‌های اخیر پژوهش بر روی جذب زیستی در سه زمینه متمرکز شده است:

نخست جاذب‌های زیستی که ادامه‌ی پژوهش برای انتخاب بهترین جاذب از میان تعداد زیاد مواد زیستی ارزان ضروری است [9].

دوم سازوکار جذب زیستی: درک چگونگی اتصال یون‌های فلزی به زیست توده‌ها و واکنش فلز با زیست توده در مقیاس میکروسکوپی بسیار حایز اهمیت است [10].

سوم آزمایش‌هایی در مقیاس بالا که به منظور کاربرد آن‌ها در صنعت طراحی شده‌اند، چرا که این فن‌آوری در حال حاضر بیشتر در مقیاس آزمایشگاهی مورد مطالعه است و این در حالی است که گذر از مقیاس آزمایشگاهی به مقیاس کاربردی بسیار دشوار می‌باشد [10].

این فرآیند به عنوان یک جای‌گزین مناسب برای تبادل یونی شناخته شده است و شرکت‌های مهندسی مشاور در طراحی فرآیند بازیابی و تصفیه‌ی آب به آن توجه خاص دارند [2].

¹ Eggshell membrane

هزینه‌ی استفاده از رزین‌های تبادل یونی حدود 30 تا 50 دلار برای هر کیلوگرم است در حالی که با همان بازده هزینه‌ی استفاده از جاذب‌های زیستی جدید کمتر از 3 تا 5 دلار به ازای هر کیلوگرم است [11].

علاوه بر این تهیه‌ی زیست توده‌ها می‌تواند خود فرآیندی سودآور باشد و صنعتی نو فراهم کند [4].
زمینه‌های کار بر روی فرآیند جذب زیستی شامل دو مورد است:

- تولید جاذب‌های زیستی¹
- تولید تجهیزات (مانند ستون‌های جذب و ...) ²

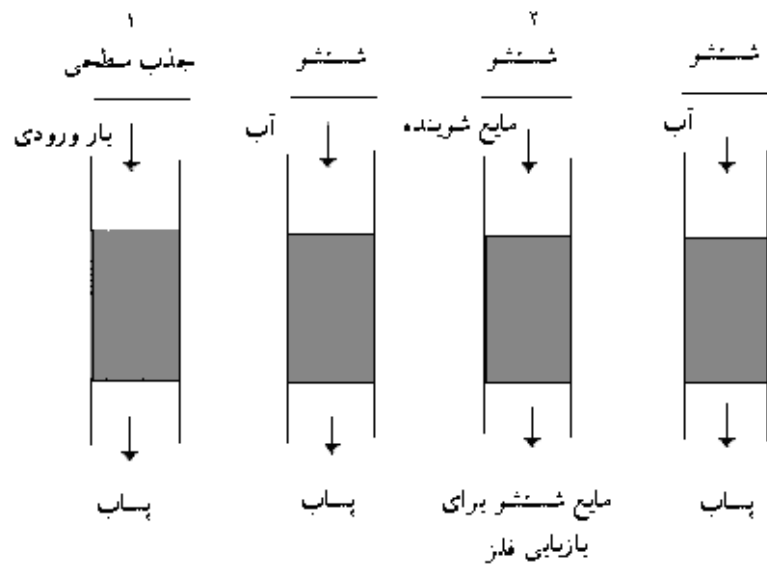
1-2- استخراج فلزات از محلول‌های آبی

استخراج فلزات از محیط‌های آبی و بازیابی انتخابی فلز از محلول، که گاهی با عملیات خالص سازی یا پر عیار سازی نیز همراه است، به یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد [12]:

- جذب سطحی روی زغال چوب فعال شده،
- تبادل یونی،
- استخراج با حلال.

¹ Biosorbents

² Sorption Columns



شکل 1-1- ترتیب عملیات در فرآیندهای جذب سطحی و تبادل یونی [12].

فرایند جذب سطحی روی زغال چوب فعال و تبادل یونی به ترتیب در ستون‌های پر شده با زغال چوب و رزین‌های تبادل یونی انجام می‌شود. این فرایند شامل دو مرحله است که عبارت‌اند از: جذب یون فلز مورد نظر و واجذب آن با استفاده از محلول شستشو (شکل 1-1) [12]. فرایند تبادل یونی ویژه‌ی عمل آوری محلول‌های خیلی رقیق است که غلظت یون فلز در آن‌ها بسیار پایین است [12].

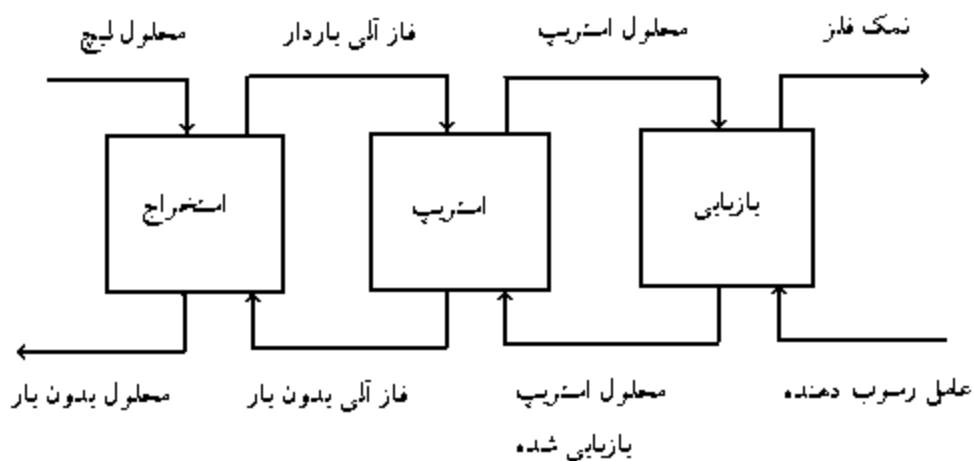
در روش استخراج با حلال محلول با یک حلال آلی غیر قابل اختلاط مخلوط می‌شود به طوری که یون فلز مورد نظر از فاز آبی به فاز آلی منتقل می‌شود. سپس اجازه داده می‌شود تا دو فاز از هم‌دیگر جدا شوند. آن‌گاه فرایند با تماس فاز آلی باردار با محلول آبی که قادر به انتقال و بازگرداندن فلز مورد نظر به فاز آبی باشد تکرار می‌شود. (شکل 1-2)

فاز آبی که به این ترتیب به دست می‌آید، یک محلول خالص و تغلیظ شده است که برای بازیابی فلز مناسب می‌باشد. در حالی که فاز آلی تخلیه شده از فلز برای بازیافت مناسب است.

تبادل یونی یک فرایند نسبتاً گران و مناسب محلول‌های رقیق است که معمولاً به صورت ناپیوسته یا نیمه‌پیوسته اجرا می‌شود اما دارای امتیاز و ویژگی استفاده از محلول‌های صاف و کدر است و در نتیجه مرحله‌ی پرهزینه‌ی عبور از صافی حذف می‌شود.

روش استخراج با حلال، فرآیند پیوسته‌ای است که فقط برای محلول‌های صاف و نسبتاً غلیظ به کار می‌رود. این روش از هزینه‌ی متوسط برخوردار است و برای تعداد زیادی از فلزات به طور وسیع استفاده می‌شود. روش جذب سطحی نیز فرآیندی فیزیکی است، روش تبادل یونی، فرآیندی فیزیکی-شیمیایی و روش استخراج با حلال یک واکنش شیمیایی بین اجزای فلز و مولکول آلی است [12].

روش‌های معمول استحصال فلزات دارای معایب مشخصی هستند که شامل عدم توانایی در استحصال کامل فلزات، هزینه‌ی بالا، مصرف زیاد مواد و انرژی و تولید پسماندهای سمی یا پسماندهایی است که نیاز به دفع دارند. این معایب، همه با هم توسعه‌ی یک روش جای‌گزین اقتصادی و مؤثر برای فلزات از پساب‌ها و محلول‌های آبی را ضروری می‌سازد. جذب زیستی یکی از این گزینه‌ها است [2].



شکل 1-2- طرح کلی فرایند استخراج با حلال [12].

1-3- چگونگی جذب زیستی

1-3-1- سازوکار جذب زیستی

تحقیقات نشان داده است که جذب زیستی تنها به نوع یا ترکیب شیمیایی یک زیست توده بستگی ندارد، بلکه به عوامل خارجی شیمیایی- فیزیکی و شیمی انحلال نیز بستگی دارد. سازوکارهای جذب زیستی ممکن است شامل ترکیبی از تبادل یونی، کمپلکس سازی، کوئوردیناسیون (به اشتراک گذاری) جذب، برهم کنش الکترواستاتیکی، کیلیت شدن، و ریز تبلور باشد [13].

در واقع جذب زیستی می تواند توسط یکی از ساز و کارهای فیزیکی یا شیمیایی زیر انجام شود:

- جذب فیزیکی نتیجه ی کنش نیروهای الکترومغناطیسی بین مولکول های جاذب و ماده ی جذب شونده است، که معمولاً به نیروهای وان دروالسی نسبت داده می شود.
- جذب شیمیایی مبتنی بر پیوندهای شیمیایی است که قوی تر از پیوندهای فیزیکی بین جامد و ذرات جذب شده می باشد. این پیوندها معمولاً بر اثر گرما شکسته می شوند.
- جذب تبدالی از طریق نیروهای الکترولیتی بین یونها با بار مخالف شکل می گیرد و معمولاً برگشت پذیر است [14].

بارگیری فلز یا حذف آن ممکن است به طرق زیر باشد:

- اتصال یون های فلزی به سطح سلول و یا داخل دیواره ی سلول که تبلور میکروسکوپی به بارگیری کمک می کند.
- جا به جایی فلز به داخل سلول [15].

دیواره ی سلول اولین جزیی است که در تماس با یون های فلزی قرار می گیرد و ذرات موجود در محلول می توانند روی آن بنشینند یا داخل آن شوند. از آن جایی که روش بارگیری مواد داخل محلول با سلول های مرده و غیرفعال، سطحی است، گروه های عاملی شیمیایی دیواره ی سلول نقش حیاتی در جذب زیستی بازی می کنند [16].

تماس سلول‌ها با یون‌های فلزی، نخست اتصال سریع یون‌های فلزی به بارهای منفی را که بر روی دیواره‌ی سلول قرار گرفته‌اند، نتیجه می‌دهد. قدرت و اندازه‌ی این واکنش بین دیواره‌ی سلول و فلز بستگی به ساختمان شیمیایی دیواره‌ی سلول یعنی، توزیع مقدار و تعداد گروه‌های عاملی و لیگاندها و تمایل یون‌های فلزی به این گروه‌ها دارد. این فرآیند به عنوان اتصال سطحی مطرح می‌شود که معمولاً مقدمه‌ی جابه‌جایی و جذب بعدی به درون دیواره‌ی سلول است. جابه‌جایی یون‌های فلزی در میان دیواره و پوسته (پرده) معمولاً کندتر است. هر یون فلزی از یک سیستم جابه‌جایی خاص پیروی می‌کند که میزان جذب فلز به آن بستگی دارد. یون‌های مزاحم، اگر دارای اندازه و شیمی شبیه شیمی یون‌های اصلی باشند، در این جابه‌جایی شرکت می‌کنند [15].

مرحله‌ی سریع اولیه، اتصال سطحی و مرحله‌ی کند بعدی بارگیری درون سلولی است. سطح سلول به دلیل حضور گروه‌های یونی مانند کربوکلاسیلات، هیدروکسیل و فسفات در پلی‌مرهای مختلف آن آنیونی است و این گروه‌های عاملی هستند که می‌توانند با فلزات اتصال برقرار کنند. میزان بارگیری فلز ممکن است با pH محیط تغییر کند، که نتیجه‌ی پروتونه شدن این گروه‌های آنیونی است [15]. سازوکار جذب همچنین سینتیک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. سازوکار مرحله‌ی اول جذب، فیزیکی بوده و برقراری شرایط تعادل سریع را امکان‌پذیر می‌سازد و مرحله‌ی دوم جذب، شیمیایی، و با سینتیک کند در زمانی طولانی‌تر اتفاق می‌افتد [17].

برخی پژوهشگران در بارگیری پلاتین بر روی زیست توده‌ی مخمری مشاهده کردند که حذف پلاتین در 5 دقیقه‌ی اول بسیار سریع بوده سپس مشخصاً کند می‌شود تا به تعادل برسد. این نتیجه در تمام غلظت‌های اولیه‌ی پلاتین مشاهده شد. پس از مرحله‌ی سریع اولیه، جذب کندتر شده اما فرآیند جذب، فرآیندی سریع است که البته در مقیاس کلی، این جذب سریع یک مزیت تلقی می‌شود [15]. به دلیل طبیعت ترکیبات سلولی، چندین گروه عاملی بر روی دیواره‌ی سلول وجود دارد که شامل کربوکسیل، فسفونات، آمین و گروه‌های هیدروکسیل هستند.