



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی جذب بیولوژیکی مس و منگنز از پساب اسیدی معادن مس توسط
باکتری باسیلوس تورنجینسیس و مدل سازی فرآیند

وحید خسروی

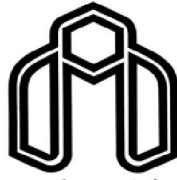
استاتید راهنما:

دکتر فرامرز دولتی ارده جانی

دکتر رضا مرنندی

بهمن ماه ۱۳۸۸

الْحَمْدُ لِلَّهِ
الَّذِي هَدَانَا
لِلْإِسْلَامِ
الْحَنِيفِ
الْقَدِيمِ
الَّذِي كَفَى
عَنْ بَنِي
إِسْرَائِيلَ
مَنْزِلَ
الْبَيْتِ
الْمَقْدِسِ
وَالْجَنَّةِ
الَّتِي كَانَتْ
لِلْجَنَّةِ
وَالْجَنَّةِ
الَّتِي كَانَتْ
لِلْجَنَّةِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف، نفت و ژئوفیزیک

بررسی جذب بیولوژیکی مس و منگنز از پساب اسیدی معادن مس توسط باکتری
باسیلوس تورنجینسیس و مدل سازی فرآیند

دانشجو

وحید خسروی

استاتید راهنما

دکتر فرامرز دولتی ارده جانی

دکتر رضا مرندی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۸۸

تقدیم ہے

پدر و مادر م

برپاس سال نای رنج و مہربانی

باشکر از آقای دکتر دولتی که دلسوزی و اورا بهمانی های ایشان باعث کرایش و علاقه ام به پژوهش در زمینه محیط زیست گردید.
همچنین شکر می کنم از آقای دکتر مندی که اگر بهمانگی و کمک های خالصانه و بی درلیشان نبود این پایان نامه به سرانجام نمی رسید.
از سرکار خانم سیده فلور منظر که در انجام کارهای آزمایشگاهی مرادلسوزانه یاری نمودند نیز قدردانی می کنم.
در پایان از اساتید محترم داور که زحمت تصاویر این پایان نامه را قبل نمودند کمال شکر را دارم.
با آرزوی موفقیت و شادکامی برای همه این عزیزان.

چکیده

امروزه بیوتکنولوژی نقش بسیار مهمی در حذف یون‌های فلزات سنگین موجود در آب و خاک بر عهده دارد. باکتری، قارچ، مخمر و جلبک دریایی از جمله جاذب‌های بیولوژیک مناسبی هستند که برای فرآیند جذب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر جذب یون‌های مس و منگنز موجود در پساب اسیدی معدن مس سرچشمه کرمان که نسبت به سایر یون‌ها غلظت بیشتری داشتند، با استفاده از باکتری باسیلوس تورنجینسیس - که از خود پساب معدن مذکور استخراج گردید - در دو سیستم فلاسک غوطه‌ور (ناپیوسته) و بستر تثبیت (پیوسته) بررسی شد. غلظت سایر یون‌ها ناچیز بود و از تأثیر آن‌ها بر جذب چشم پوشی گردید. در سیستم فلاسک غوطه‌ور عوامل مؤثر بر میزان جذب توسط گونه باسیلوس بهینه‌سازی شدند. مقادیر بهینه این عوامل که pH، مدت زمان تماس بین جاذب و پساب، غلظت جاذب و دما بودند به ترتیب ۶، ۱۵۰ min، ۱ gr/L و $308^{\circ}K$ به دست آمد. در این شرایط جذب ناپیوسته موفق به حذف ۳۲ و ۲۵ درصد مس و منگنز موجود در پساب شد. داده‌های جذبی حاصل برای دو یون فلزی با مدل‌های لانگمویر و فروندلیش مقایسه گردید و مشاهده شد که این داده‌ها برازش بیشتری با مدل لانگمویر دارد. حداکثر جذب به دست آمده در مدل لانگمویر به ترتیب ۲/۲۹ و ۹/۱۷ mg/g برای مس و منگنز بود.

در مطالعه سیستم پیوسته جذب یون‌های مس و منگنز موجود در نمونه پساب شماره یک توسط بایومس باکتری تثبیت شده در ستون، تأثیر تغییرات سرعت جریان مورد بررسی قرار گرفت. در ۱۵ دقیقه اول عملیات و در سرعت‌های مختلف، ۱۰۰٪ مس و حدود ۹۰٪ منگنز موجود در پساب جذب ستون شد که این موضوع کارایی بیشتر سیستم پیوسته را در مقایسه با سیستم ناپیوسته نشان می‌دهد. نتایج تجربی نشان داد با افزایش سرعت جریان، زمان رخنه (زمان لازم برای رسیدن غلظت خروجی به مقدار مورد نظر) کاهش می‌یابد. همچنین افزایش سرعت جریان، سبب کاهش میزان جذب تعادلی (حداکثر جذب ستون) می‌گردد. برای پیش‌بینی منحنی رخنه و پارامترهای مشخصه ستون از دو مدل توماس و یون - نلسون استفاده شد.

مطالعه واجذب و بازجذب در هر دو سیستم پیوسته و ناپیوسته، در ۵ چرخه انجام گردید که نتایج حاصل نشان داد میزان بازجذب پس از هر مرحله واجذب و بازیابی جاذب، بیش از ۹۰ درصد بیشترین جذب در چرخه اول خواهد بود که این موضوع ارزش جاذب از نظر اقتصادی را نیز توجیه می‌نماید.

واژگان کلیدی: جذب بیولوژیک، یون‌های مس و منگنز، باسیلوس تورنجینسیس، فلاسک غوطه‌ور، بستر تثبیت

فهرست مطالب

۱	فصل اول : کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- مرور برخی مطالعات انجام شده
۶	۳-۱- ضرورت انجام این مطالعه
۶	۴-۱- هدف انجام این مطالعه
۶	۵-۱- ساختار پایان نامه
۷	۶-۱- پسماندهای معدنی
۸	۷-۱- آب معدن
۱۰	۸-۱- پساب اسیدی معدن
۱۱	۱-۸-۱- منابع تولید کننده AMD
۱۲	۲-۸-۱- مکانیزم تولید AMD توسط سولفیدها
۱۶	۳-۸-۱- تأثیرات زیست محیطی AMD
۱۷	۱-۳-۸-۱- آلودگی آب های سطحی
۱۸	۲-۳-۸-۱- تأثیر بر زندگی آبزیان
۱۸	۳-۳-۸-۱- آلودگی آب های زیرزمینی
۲۲	۹-۱- فلزات سنگین
۲۳	۱۰-۱- آلودگی فلزات سنگین
۲۴	۱-۱۰-۱- کادمیوم
۲۵	۲-۱۰-۱- کروم
۲۵	۳-۱۰-۱- کبالت
۲۵	۴-۱۰-۱- منگنز
۲۶	۵-۱۰-۱- مس
۲۶	۶-۱۰-۱- سرب
۲۶	۷-۱۰-۱- جیوه
۲۷	۸-۱۰-۱- نیکل
۲۷	۹-۱۰-۱- نقره

۲۷	..... ۱۰-۱۰-۱- قلع
۲۸	..... ۱۱-۱۰-۱- روی
۲۸	..... ۱۲-۱۰-۱- رابطه با موجودات زنده
۲۸	..... ۱۱-۱- آشنایی با انواع محیط‌ها و روش‌های کشت
۲۸	..... ۱-۱۱-۱- محیط کشت
۲۹	..... ۲-۱۱-۱- روش‌های کشت میکروارگانیسم‌ها
۳۰	..... ۱-۲-۱۱-۱- کشت خطی
۳۱	..... ۲-۲-۱۱-۱- روش جداسازی و تهیه رقت
۳۱	..... ۳-۲-۱۱-۱- کشت گسترده
۳۲	..... ۱۲-۱- زیست فناوری
۳۳	..... ۱-۱۲-۱- تاریخچه
۳۳	..... ۲-۱۲-۱- کاربردهای زیست‌فناوری
۳۸	..... فصل دوم : مباحث تئوری
۳۹	..... ۱-۲- خصوصیات عمومی مس و منگنز
۳۹	..... ۱-۱-۲- مس
۴۰	..... ۲-۱-۲- منگنز
۴۱	..... ۲-۲- باکتری‌ها
۴۱	..... ۱-۲-۲- تعریف
۴۲	..... ۲-۲-۲- تاریخچه
۴۳	..... ۳-۲-۲- شکل باکتری‌ها
۴۳	..... ۴-۲-۲- ساختمان باکتری‌ها
۴۶	..... ۵-۲-۲- خصوصیات باکتری‌ها
۴۷	..... ۶-۲-۲- تاریخچه جذب توسط باکتری
۴۸	..... ۳-۲- باسیلوس‌ها
۴۹	..... ۴-۲- باسیلوس تورنجینسیس
۴۹	..... ۱-۴-۲- تعریف
۴۹	..... ۲-۴-۲- ساختار دیواره سلولی
۴۹	..... ۳-۴-۲- مشخصات ماکروسکوپی

۵۰	۴-۴-۲- مشخصات میکروسکوپی
۵۰	۵-۴-۲- آکولوژی
۵۰	۵-۲- انواع سیستم‌های جذب و ایزوترم‌ها
۵۰	۱-۵-۲- سیستم ناپیوسته (فلاسک غوطه ور)
۵۱	۲-۵-۱-۱- عوامل مؤثر بر جذب بیولوژیک در سیستم ناپیوسته
۵۴	۲-۵-۱-۲- ایزوترم‌های جذب در سیستم ناپیوسته
۵۸	۲-۵-۱-۳- مطالعات ترمودینامیکی
۵۸	۲-۵-۱-۳- تغییرات انرژی آزاد گیبس (ΔG°)
۵۹	۲-۵-۱-۳- تغییرات آنتالپی (ΔH°) و آنتروپی (ΔS°)
۶۰	۲-۵-۱-۴- واجذب و بازجذب در سیستم ناپیوسته
۶۱	۲-۵-۲- سیستم پیوسته (بستر تثبیت)
۶۱	۲-۵-۱-۲- معرفی
۶۳	۲-۵-۲- تثبیت میکروارگانیسم‌ها در بستر
۶۳	۲-۵-۳- عوامل مؤثر بر جذب در سیستم پیوسته
۶۳	۲-۵-۳-۱- غلظت آلاینده در پساب ورودی (غلظت ورودی)
۶۴	۲-۵-۳-۲- تغییرات طول ستون
۶۴	۲-۵-۳-۳- سرعت جریان ورودی
۶۴	۲-۵-۴- مدل‌سازی و آنالیز داده‌های ستون
۶۹	۲-۵-۵- واجذب و بازجذب در سیستم پیوسته
۷۱	فصل سوم : مواد و روش‌ها
۷۲	۳-۱- عملیات میکروبیولوژی
۷۲	۳-۱-۱- ساختن محیط کشت داخل پلیت
۷۳	۳-۱-۲- ساختن محیط کشت به صورت اسلنت
۷۳	۳-۱-۳- نمونه‌گیری و کشت پساب معدن
۷۵	۳-۱-۴- کشت باسیلوس در پلیت
۷۶	۳-۱-۵- کشت باسیلوس در اسلنت
۷۶	۳-۱-۶- تولید بایومس خشک
۷۸	۳-۲- عملیات شیمیایی

- ۳-۲-۱- اندازه‌گیری غلظت یون‌های مختلف موجود در پساب..... ۷۸
- ۳-۲-۲- آزمایشات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پساب..... ۷۹
- ۳-۳- عملیات جذب..... ۷۹
- ۳-۳-۱- مطالعات جذب در سیستم ناپیوسته (فلاسک غوطه ور)..... ۷۹
- ۳-۳-۱-۱- تأثیر مدت زمان تماس بر میزان جذب بیولوژیک..... ۸۰
- ۳-۳-۲- تأثیر غلظت جاذب بر میزان جذب بیولوژیک..... ۸۰
- ۳-۳-۳- تأثیر pH پساب بر میزان جذب..... ۸۰
- ۳-۳-۴- تأثیر دما بر میزان جذب..... ۸۱
- ۳-۳-۵- تأثیر غلظت اولیه آلودگی بر میزان جذب..... ۸۱
- ۳-۳-۶- چرخه جذب و واجذب در سیستم ناپیوسته..... ۸۱
- ۳-۳-۲- مطالعات جذب در سیستم پیوسته (بستر تثبیت)..... ۸۲
- ۳-۳-۱- تثبیت بایومس خشک باکتری در آلژینات..... ۸۲
- ۳-۳-۲- برپایی ستون جذب..... ۸۳
- ۳-۳-۳- برپایی ستون شاهد..... ۸۴
- ۳-۳-۴- چرخه جذب و واجذب در سیستم پیوسته..... ۸۴
- فصل چهارم : نتایج و بحث..... ۸۵
- ۴-۱- نتایج حاصل از آنالیز پساب..... ۸۶
- ۴-۱-۱- بررسی غلظت یون‌های مختلف موجود در پساب..... ۸۶
- ۴-۱-۲- نتایج آزمایشات تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی پساب..... ۸۶
- ۴-۲- نتایج مطالعات جذب در سیستم ناپیوسته (فلاسک غوطه ور)..... ۸۷
- ۴-۲-۱- تأثیر مدت زمان تماس..... ۸۷
- ۴-۲-۲- تأثیر غلظت جاذب..... ۸۸
- ۴-۲-۳- تأثیر pH پساب..... ۸۹
- ۴-۲-۴- تأثیر دما..... ۹۰
- ۴-۲-۵- تأثیر غلظت اولیه یون‌ها در پساب..... ۹۱
- ۴-۲-۶- نتایج بررسی‌های جذب و واجذب (سیستم ناپیوسته)..... ۹۵
- ۴-۳- نتایج مطالعات جذب در سیستم پیوسته (بستر تثبیت)..... ۹۶
- ۴-۳-۱- نتیجه بررسی ستون شاهد..... ۹۶

۹۶	..... ۲-۳-۴- بررسی تأثیر سرعت جریان بر میزان جذب
۹۹	..... ۳-۳-۴- نتایج مدل سازی داده های ستون
۹۹	..... ۱-۳-۳-۴- مدل یون - نلسون
۱۰۱	..... ۲-۳-۳-۴- مدل توماس
۱۰۳	..... ۴-۳-۴- نتایج بررسی های جذب و واجذب (سیستم پیوسته)
۱۰۴	..... ۴-۴- مقایسه نتایج دو سیستم پیوسته و ناپیوسته
۱۰۶	..... فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۷	..... ۱-۵- نتایج
۱۰۹	..... ۲-۵- پیشنهادات
۱۱۰	..... فصل ششم : پیوست
۱۱۴	..... فهرست منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: مقایسه pH پساب اسیدی معدن با سایر مایعات شناخته شده ۱۰
- شکل ۱-۲: منابع تولید کننده AMD در یک معدن فلزی ۱۲
- شکل ۱-۳: نمودار ساده مسیرهای واکنشی برای اکسیداسیون پیریت ۱۴
- شکل ۱-۴: نمایش شماتیکی موتور AMD ۱۶
- شکل ۱-۵: دمپ پسماند فاقد پوشش گیاهی در یک معدن مس در استرالیا ۲۰
- شکل ۱-۶: کشت خطی ۳۱
- شکل ۱-۷: روش تهیه سری رقت ۳۲
- شکل ۲-۱: آنتون ون لوون هوک ۴۲
- شکل ۲-۲: اشکال مختلف باکتری ۴۳
- شکل ۲-۳: ساختمان و اجزای تشکیل دهنده یک باکتری معمولی ۴۴
- شکل ۲-۴: ساختار باکتری‌های گرم مثبت و منفی ۴۵
- شکل ۲-۵: روند انجام جذب در سیستم ناپیوسته ۵۱
- شکل ۲-۶: منحنی رخنه ۶۷
- شکل ۲-۷: منحنی واجذب در سیستم پیوسته ۶۸
- شکل ۳-۱: اتوکلاو ۷۲
- شکل ۳-۲: پلیت نوترین آماده برای کشت ۷۲
- شکل ۳-۳: اسلنت‌های نوترین آماده کشت ۷۳
- شکل ۳-۴: پلیت‌های سری رقت ۷۴
- شکل ۳-۵: باسیلوس تورنجینسیس ۷۵
- شکل ۳-۶: انکوباتور شیکر ۷۷
- شکل ۳-۷: دستگاه سانتریفوژ ۷۷
- شکل ۳-۸: چینی حاوی توده باکتری در آون ۷۸
- شکل ۳-۹: دستگاه جذب اتمی واریان مدل AA240 ۷۹
- شکل ۳-۱۰: گویچه‌های آلزینات حاوی بایومس تثبیت شده باکتری ۸۴
- شکل ۳-۱۱: ستون حاوی گویچه‌های آلزینات ۸۵
- شکل ۴-۱: تأثیر مدت زمان تماس بر میزان جذب یون‌های مس و منگنز ۸۷

- شکل ۲-۴ : تأثیر غلظت جاذب بر میزان جذب یون‌های مس و منگنز ۸۸
- شکل ۳-۴ : تأثیر pH اولیه پساب بر میزان جذب یون‌های مس و منگنز ۹۰
- شکل ۴-۴ : تأثیر دما بر میزان جذب یون‌های مس و منگنز ۹۰
- شکل ۵-۴ : تأثیر غلظت اولیه یون‌های مس در جذب ۹۱
- شکل ۶-۴ : تأثیر غلظت اولیه یون‌های منگنز در جذب ۹۲
- شکل ۷-۴ : بررسی برازش داده‌های جذب مس با مدل لانگمویر ۹۳
- شکل ۸-۴ : بررسی برازش داده‌های جذب منگنز با مدل لانگمویر ۹۳
- شکل ۹-۴ : بررسی برازش داده‌های جذب مس با مدل فروندلیش ۹۴
- شکل ۱۰-۴ : بررسی برازش داده‌های جذب منگنز با مدل فروندلیش ۹۴
- شکل ۱۱-۴ : منحنی‌های رخنه برای جذب یون‌های مس در سرعت‌های ورودی مختلف ۹۸
- شکل ۱۲-۴ : منحنی‌های رخنه برای جذب یون‌های منگنز در سرعت‌های ورودی مختلف ۹۹
- شکل ۱۳-۴ : تغییرات $\ln(C_t/(C_0-C_t))$ بر حسب زمان (مدل یون - نلسون) در سرعت‌های ورودی مختلف برای مس ۱۰۰
- شکل ۱۴-۴ : تغییرات $\ln(C_t/(C_0-C_t))$ بر حسب زمان (مدل یون - نلسون) در سرعت‌های ورودی مختلف برای منگنز ۱۰۰
- شکل ۱۵-۴ : تغییرات $\ln((C_0/C_t)-1)$ بر حسب زمان (مدل توماس) در سرعت‌های ورودی مختلف برای مس ۱۰۲
- شکل ۱۶-۴ : تغییرات $\ln((C_0/C_t)-1)$ بر حسب زمان (مدل توماس) در سرعت‌های ورودی مختلف برای منگنز ۱۰۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۱: نتایج حاصل از عملیات جذب توسط گونه‌های مختلف باسیلوس در مطالعات تجربی..... ۵
- جدول ۲-۱: خصوصیات اصلی AMD و تأثیرات زیست‌محیطی آن..... ۱۷
- جدول ۳-۱: تأثیر بارز فلزات سنگین در آب شیرین..... ۲۴
- جدول ۴-۱: حدود مجاز فلزات سنگین سمی..... ۲۴
- جدول ۱-۴: غلظت یون‌های مختلف در نمونه پساب شماره یک..... ۸۶
- جدول ۲-۴: غلظت یون‌های مس و منگنز در نمونه‌های پساب..... ۸۶
- جدول ۳-۴: نتایج آزمایشات تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پساب (نمونه شماره یک)..... ۸۶
- جدول ۴-۴: پارامترهای مربوط به دو مدل لانگمویر و فروندلیش در جذب یون‌های مس و منگنز..... ۹۵
- جدول ۵-۴: میزان جذب و درصد باز جذب در چرخه‌های پنج‌گانه (سیستم ناپیوسته)..... ۹۶
- جدول ۶-۴: تأثیر سرعت جریان بر روی پارامترهای مختلف ستون..... ۹۸
- جدول ۷-۴: پارامترهای مدل یون - نلسون برای جذب یون‌های مس و منگنز توسط بایومس تثبیت شده در ستون..... ۱۰۱
- جدول ۸-۴: پارامترهای مدل توماس برای جذب یون‌های مس و منگنز توسط بایومس تثبیت شده در ستون..... ۱۰۳
- جدول ۹-۴: میزان جذب و درصد باز جذب در چرخه‌های پنج‌گانه (سیستم پیوسته)..... ۱۰۴

فهرست واحدها، علائم و اختصارات

C°	درجه سانتیگراد	g	گرم
K°	درجه کلوین	mg	میلی گرم
min	دقیقه	L	لیتر
h	ساعت	mL	میلی لیتر
Cu	مس	ppm	میلی گرم در لیتر
Mn	منگنز	ppb	میکروگرم در لیتر
rpm	دور بر دقیقه	cm	سانتیمتر
R	ثابت عمومی گازها (۸/۱۳ J/mol.K°)	T	دمای مطلق (K°)

سیستم ناپیوسته

K _F	ظرفیت جذب در مدل فروندلیش (L/mg)	C ₀	غلظت اولیه یون‌ها در پساب (mg/L)
n _F	شدت جذب در مدل فروندلیش	C _e	غلظت یون فلزی باقیمانده در محلول (mg/L)
b _{Te}	ثابت تمکین مرتبط با حرارت جذب	ΔG°	تغییر انرژی آزاد گیبس (J/mol)
a _{Te}	ثابت ایزوترم تمکین	ΔH°	تغییر آنتالپی (KJ/mol)
q _D	ظرفیت جذب مدل دوبینین-رادوشکوویچ	ΔS°	تغییر آنتروپی (KJ/mol.K)
B _D	ثابت مدل دوبینین-رادوشکوویچ	β _{RP}	نمای مدل ردلیش پترسون
K _{RP}	ثابت ایزوترمی مدل ردلیش-پترسون	a _{RP}	ثابت مدل ردلیش-پترسون
K _S	ثابت ایزوترمی مدل سیپس	V	حجم پساب (mL)
a _s	ثابت مدل سیپس	q	مقدار یون‌های فلزی جذب شده در واحد جرم جاذب (mg/g)
β _s	نمای مدل سیپس	q _{max}	بیشینه مقدار یون فلزی جذب شده در واحد جرم جاذب (mg/g)
b _K	ثابت مدل خان	b _L	ثابت لانگمویر (L/mg)
a _K	نمای مدل خان	R _L	فاکتور جدایش

سیستم پیوسته

U ₀	سرعت خطی (cm/min)	C _t	غلظت خروجی از ستون (mg/L) در زمان t
X	جرم جاذب تثبیت شده در ستون (g)	C ₀	غلظت ورودی به ستون (mg/L)
m _{ad}	جرم فلز جذب شده توسط ستون (mg)	C _{ad}	غلظت جذب شده در ستون (mg/L)
m _d	جرم فلز دفع شده از ستون (mg)	K _{TH}	ثابت مدل توماس (mL/mg.min)
t _e	زمان برابر شدن غلظت خروجی با ورودی (تبادل) (min)	K _{YN}	ثابت مدل یون-نیلسون (L/min)

t_b	زمان رخنه (رسیدن غلظت پساب خروجی به غلظت مورد نظر) (min)	m_{total}	کل جرم آلاینده ورودی به ستون (mg)
t_{total}	کل زمان جریان پساب به داخل ستون (min)	$q_0(=q_{eq})$	ثابت توماس (ظرفیت جذب ستون) (mg/g)
t	زمان جریان (min)	F	سرعت جریان ورودی (mL/min)
K_{AB}	ثابت سرعت بوهارت-آدامز (mL/min.mg)	N_0	ظرفیت اشباع ستون (mg/L)
Δt	قلمرو انتقال جرم (min)	Z	ارتفاع بستر (cm)
$E(\%)$	درصد رقیق شدگی (واجذب)	V_{eff}	حجم پساب خروجی از ستون (mL)
		τ	زمان لازم برای رسیدن غلظت خروجی به نصف غلظت ورودی (min)

کلیات

فصل اول