

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

کاربرد فلوتاسیون در محیط زیست

(تصفیه پساب‌های صنعتی و بازیابی باطله‌های معدنی)

تألیف:

دکتر احمد خدادادی

(دانشیار مهندسی محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشگر محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس)

مهندس رحمان احمدی

(کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی - مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران)



فدای ایستاد

سرشناسه	: خدادادی، احمد، ۱۳۳۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: کاربرد فلوتاسیون در محیط زیست : (تصفیه پساب‌های صنعتی و بازیابی باطله‌های معدنی)
مشخصات نشر	: تهران : فدک ایستایس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۷۸ ص؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۷۰۰۰۰ ریال : ۷۰۰۰۰ - ۱۶۰ - ۶۰۰ - ۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: فلوتاسیون -- جنبه‌های زیست‌محیطی
موضوع	: زیاله صنعتی -- تصفیه
موضوع	: معدن و ذخایر معدنی -- زیاله‌زدایی
شناسه افزوده	: احمدی، رحمان، ۱۳۵۷ -
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۰ کج ۵۲۳/۷۲۳ TN
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۲/۷۵۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۵۴۶۵۳۹

کاربرد فلوتاسیون در محیط زیست

(تصفیه پساب‌های صنعتی و بازیابی باطله‌های معدنی)



تألیف	: احمد خدادادی - رحمان احمدی
مدیر تولید	: مجید رضا زرونی
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۰
تیراژ	: ۱۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۷۰۰۰۰ ریال
شابک	: ۷۰۰۰۰ - ۱۶۰ - ۶۰۰ - ۹۷۸

دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لیافی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است، مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به مولفین می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از مولفین ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستایس

أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حُلِيٍّ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِثْلَهُ كَذَلِكَ يُضَرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ (سوره رد آیه ۱۷). خداوند از آسمان آبی فرستاد؛ و از هر دره و رودخانه‌ای به اندازه آنها سیلابی جاری شد؛ سپس سیل بر روی خود کفی حمل کرد؛ و از آنچه (در کوره‌ها) برای به دست آوردن زینت آلات یا وسایل زندگی، آتش روی آن روشن می‌کنند نیز کفهایی مانند آن به وجود می‌آید. خداوند، حق و باطل را چنین مثل می‌زند! اما کفها به بیرون پرتاب می‌شوند، ولی آنچه به مردم سود می‌رساند [آب یا فلز خالص] در زمین می‌ماند. زبد به معنای کف فقط یک بار در قرآن بکار برده شده و مثال آن جداسازی مواد با ارزش از طریق کف روی آب است. اولین کاربرد علم فلوتاسیون برای جداسازی فلزات به اوایل قرن ۲۰ (سال ۱۹۰۱) بر می‌گردد. در فلوتاسیون، عمدتاً مواد با ارزش به صورت کف از مواد بی ارزش جدا می‌گردند (فلوتاسیون مستقیم) و در صورتی که مواد باطله به این روش جدا شوند، فلوتاسیون معکوس نامیده می‌شود. مثال زیبایی فوق، این اصل اساسی زندگی انسانها را نیز روشن می‌سازد که حیات بدون جهاد، و بقاء و سرپنداری بدون تلاش ممکن نیست، چرا که خداوند می‌فرماید: آنچه را مردم برای تهیه وسایل زندگی (ضروریات زندگی) و یا زینت (رفاه زندگی) به درون کوره‌ها می‌فرستند، همواره زبد و کف‌هایی دارد و برای بدست آوردن این دو (وسایل ضروری و وسایل رفاهی - ابتغاء حلیه او متاع) باید مواد اصلی را که در طبیعت به صورت خالص یافت نمی‌شود و همواره آمیخته با اشیاء دیگر است، تصفیه و پاک‌سازی کرد. تا فلز خالص و پاک از آن بیرون آید. طبیعت و آنچه در آن است از مصادیق نعمت‌های الهی برای بشر است «و ما بکم من نعمه فمن الله» (نحل / ۵۳). خداوند نعمت را در اختیار انسان قرار داده است تا شکرگزار باشد یعنی از آن به نحو مطلوب استفاده نماید. در صورتیکه از آن به نحو مطلوب استفاده نماید، زیادت نعمت به شکل تداوم آن نعمت یا اختصاص نعمت دیگر به عنوان پاداش عملکرد صحیح خویش در بهره‌وری از نعمت بهره‌مند می‌گردد «إن شکرتم لأزیدنکم» (ابراهیم / ۷)، ولی اگر با بهره‌برداری خود، طبیعت و محیط زیست را آلوده و تخریب نماید، او نسبت به نعمت بزرگ طبیعت، کفر ورزیده و مستحق عقاب دنیوی محرومیت از این نعمت و موهبت الهی می‌شود «و لئن کفرتم إنَّ عذاباً لشدید» (ابراهیم / ۷). همانگونه که خداوند حفیظ طبیعت و همه موجودات آن است «إنَّ رَبِّی عَلَی کل شیء حفیظ» (هود / ۵۷) خلیفه او نیز باید منابع و مواهب طبیعی اعم از گیاهان، حیوانات و

... را از نابودی، تخریب، تلف شدن حفظ نماید. به تعبیر دیگر، زمین، آب، آسمان و همه طبیعت، ودیعه‌ای است الهی که به دست انسان سپرده شده و برای استفاده متعادل از آنها پدید آمده است. از این روی، انسان مسئول حفظ طبیعت است (نصر، ۱۳۸۲، ص ۲۰۴). پیامبر اکرم (ص) بر حرمت نهادن بر زمین تأکید می‌ورزد و آن را به منزله مادری که انسان از آن ارتزاق می‌نماید معرفی می‌نماید که از اعمال نیک و بد انسان خبر می‌دهد «تَحَفَّظُوا مِنَ الْأَرْضِ فَإِنَّهَا أَمَّكُمْ وَ إِنَّهُ لَيْسَ مِنْ أَحَدٍ عَامِلٍ عَلَيْهَا خَيْرًا أَوْ شَرًّا إِلَّا وَ هِيَ مُخْبِرَةٌ بِهِ» (نهج الفصاحه، ص ۲۲۶). از جمله اموری که زمین از آن خبر خواهد داد، کیفیت بهره‌وری و حفاظت انسان از عناصر و منابع آن است. قانونگذار قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران با استفاده از آموزه‌های قرآن کریم و سنت نبی اکرم (ص) در اصل پنجاهم در زمینه حفظ محیط زیست مقرر نموده است: «در جمهوری اسلامی، حفظ محیط زیست که نسل امروز و نسلهای بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می‌گردد، از این رو فعالیتهای اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است».

این اثر، اولین کتابی است که بطور جامع در زمینه کاربرد روش فلوتاسیون در محیط زیست به رشته تحریر در آمده است. کتاب حاضر که در هشت فصل برای دانشجویان و کارشناسان رشته های مهندسی فرآوری مواد معدنی، مهندسی محیط زیست، مهندسی شیمی و مهندسی عمران- محیط زیست تنظیم شده، نتیجه تلاش مؤلفین در جهت رفع کمبود منابع موجود در این زمینه می باشد. در نگارش این کتاب سعی شده است که مطالب به گونه ای بیان شود که درک و مفهوم آن برای خواننده آسان باشد. علاوه بر این، از جدیدترین منابع و اطلاعات علمی در نگارش این کتاب بهره گرفته شده است.

کتاب حاضر، در ۸ فصل تهیه و تنظیم شده است. فصل اول که تحت عنوان "مروری بر فرآیند فلوتاسیون در محیط زیست" ارائه شده، علاوه بر معرفی روش های مختلف فلوتاسیون (معمول و نوین) مورد استفاده در محیط زیست، به موضوعات دیگری نظیر فرآیند و مکانیزم حذف ناخالصی ها از پساب های صنایع و عوامل مؤثر بر تصفیه پساب ها اشاره شده است. فصل دوم تا هفتم این کتاب به جنبه های کاربردی روش های مختلف فلوتاسیون در تصفیه پساب های صنایع می پردازد. در فصل هشتم کاربرد روش های فلوتاسیون جهت بازیابی باطله های معدنی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

احمد خدادادی، رحمان احمدی (آذر ۱۳۹۰)

فهرست مطالب

فصل اول	۱
مروری بر فرآیند فلوتاسیون در محیط زیست	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- فرآیندهای تصفیه مرسوم	۳
۳-۱- فرآیند فلوتاسیون	۳
۱-۳-۱- تفاوت روش های معمول فلوتاسیون کانسنگ ها و فلوتاسیون پساب ها	۴
۴-۱- روش های فلوتاسیون معمول: تجهیزات و فرآیند	۷
۱-۴-۱- الکتر و فلوتاسیون	۷
۲-۴-۱- فلوتاسیون هوای پراکنده شده (هوای متفرق شده)	۷
۳-۴-۱- آئروفلوتاسیون (فلوتاسیون فشاری)	۸
۵-۱- روش های نوین فلوتاسیون	۹
۱-۵-۱- فلوتاسیون با کمک نازل	۹
۲-۵-۱- فلوتاسیون ستونی	۱۰
۳-۵-۱- فلوتاسیون سانتریفوژی	۱۱
۴-۵-۱- فلوتاسیون جت	۱۳
۵-۵-۱- فلوتاسیون با استفاده از کاویتاسیون	۱۳
۶-۱- کاربردها و پیشرفتها	۱۴
۱-۶-۱- حذف یون ها	۱۴
۲-۶-۱- فلوتاسیون رسوبی	۱۵
۳-۶-۱- فلوتاسیون افرون گاز	۱۵
۴-۶-۱- جدایش فوم یا فلوتاسیون کف	۱۵
۵-۶-۱- فلوتاسیون جذب کلئیدی	۱۵
۶-۶-۱- فلوتاسیون یونی	۱۶
۷-۱- روش های فلوتاسیون در آینده و پیشرفت ها	۱۷
۱-۷-۱- آگرواسیون - فلوتاسیون فشاری	۱۷
۲-۷-۱- فلوتاسیون جذب ذره ای (جذب بر روی ذره) یا فلوتاسیون حامل ساده	۱۷
۳-۷-۱- فلوتاسیون ستونی برای حذف یون ها	۱۸

۱۹	۱-۷-۴-فلوتاسیون DAF
۲۲	۱-۷-۵-جدایش روغن و ترکیبات آلی با روش فلوتاسیون
۲۳	۱-۷-۶-فلوتاسیون جت اصلاح شده
۲۴	۱-۷-۷-سلول فلوتاسیون سانتیفریژی
۲۶	۱-۷-۸-فرآیند فلوکولاسیون-فلوتاسیون
۲۷	۱-۷-۹-ستون فلوتاسیون مولتی حباب
۲۷	۱-۸-سایر کاربردهای زیست محیطی روش فلوتاسیون
۲۷	۱-۸-۱-فلوتاسیون میکرو ارگانیزم ها
۲۸	۱-۸-۲-پروتئین ها
۲۸	۱-۸-۳-پلاستیک ها
۲۹	۱-۸-۴-جوهر زدایی
۲۹	۱-۸-۵-شستشوی خاک
۲۹	۱-۸-۶-حذف مواد هسته ای رادیواکتیو از خاک
۳۰	۱-۹-عوامل مؤثر بر فلوتاسیون پساب ها
۳۳	فصل دوم
۳۳	فلوتاسیون هوای حل شده (فلوتاسیون فشاری)
۳۳	۲-۱-مقدمه
۳۴	۲-۲-کاربردهای فلوتاسیون فشاری
۳۴	۲-۲-۱-حذف جیوه، آرسنیک و یون های سلنیم از محلول های لیج سیانوری طلا
۳۶	۲-۲-۲-حذف یون های گزنتات با استفاده از ژئولیت طبیعی اصلاح شده
۳۷	۲-۲-۱-مطالعات فعالسازی، اصلاح و جدایش
۳۹	۲-۲-۳-کاربرد فلوتاسیون فشاری در حذف روغن از اموسیون های آب/روغن
۴۱	۲-۲-۴-کاربرد فلوتاسیون فشاری جهت کاهش BOD و COD در حضور کربن فعال
۴۳	۲-۲-۵-کاربرد فلوتاسیون فشاری در تصفیه پساب خروجی از مکانهای دفن زباله های شهری
۴۶	۲-۲-۶-فلوتاسیون فشاری جهت حذف آلودگی از کنسانتره مس-مولیبدن
۴۸	۲-۲-۷-کاربرد فلوتاسیون فشاری در عمل آوری AMD یا زهاب های اسیدی
۴۸	۲-۲-۸-حذف یون های منگنز و سولفات با روش ترسیب-فلوتاسیون فشاری
۵۰	۲-۲-۹-کاربرد فلوتاسیون فشاری جهت حذف آمونیوم از محلول های آبی
۵۳	فصل سوم

۵۳	کواگولاسیون/فلوتاسیون و فلوکولاسیون/فلوتاسیون
۵۳	۱-۳- مقدمه
۵۴	۲-۳- کاربرد الکتروکواگولاسیون و الکتروکواگولاسیون/فلوتاسیون برای حذف آلودگی ها
۵۴	۱-۲-۳- عمل آوری پساب های روغنی
۵۵	۲-۲-۳- عمل آوری پساب های صنایع رنگ
۵۵	۳-۲-۳- حذف مواد ارگانیکی
۵۹	۴-۲-۳- عمل آوری پساب های صنعتی
۶۱	۵-۲-۳- حذف فلزات سنگین
۶۶	۶-۲-۳- حذف کروم شش ظرفیتی (VI) پساب با روش ترکیبی الکتروکواگولاسیون/الکتروفلوتاسیون
۶۸	۳-۳- حذف روی از جریان های آبی به روش الکتروفلوتاسیون
۶۹	۱-۳-۳- پارامترهای اصلی مؤثر بر EF
۷۰	۴-۳- حذف آلودگی پساب های صنایع چرم سازی
۷۶	۵-۳- فرایند فلوتاسیون- فلوکولاسیون (FF)
۷۹	۱-۵-۳- عمل آوری زهاب های اسیدی (مطالعه موردی: جنوب برزیل)
۸۵	فصل چهارم
۸۵	فلوتاسیون رسوبی
۸۵	۱-۴- مقدمه
۸۵	۲-۴- حذف سزیم از محلول های آبی و باطله های رادیواکتیو
۸۸	۳-۴- فلوتاسیون رسوبی فسفات از آب
۹۰	۴-۴- حذف هیومیک اسید از آب به کمک فلوتاسیون رسوبی
۹۹	فصل پنجم
۹۹	۱-۵- مقدمه
۱۰۰	۲-۵- کاربرد فلوتاسیون جذبی یا حامل جهت حذف یون های فلزی
۱۰۲	۳-۵- حذف فلزات سنگین از پساب ها به روش فلوتاسیون جذبی بیولوژیکی
۱۰۵	۴-۵- فلوتاسیون ذرات ریز با فرآیند APF
۱۰۵	۵-۵- حذف یون های فلزات سنگین به روش فلوتاسیون حامل APF
۱۰۷	فصل ششم
۱۰۷	فلوتاسیون یونی
۱۰۷	۱-۶- مقدمه

۱۰۸	۲-۶- حذف فلزات سنگین از پسابها به روش فلوتاسیون یونی
۱۰۹	۱-۲-۶- تعیین مقدار بازیابی آب
۱۱۰	۲-۲-۶- گونه های یون فلزی موجود در محلول
۱۱۴	۳-۶- فلوتاسیون یونی: پتانسیل آن برای عملیات هیدرومتالورژیکی
۱۱۵	۴-۶- حذف کادمیوم از جریان های آبی با روش فلوتاسیون یونی
۱۱۵	۵-۶- حذف یون مس از محلول های آبی رقیق
۱۱۹	فصل هفتم
۱۱۹	فلوتاسیون ستونی
۱۱۹	۱-۷- مقدمه
۱۲۰	۲-۷- فلوتاسیون ستونی جریان لوله ای چند مرحله ای جهت عمل آوری پساب های روغنی
۱۲۴	۳-۷- جوهرزدایی پالپ با استفاده از فلوتاسیون ستونی
۱۲۷	۴-۷- جدایش روغن از پساب به روش فلوتاسیون ستونی
۱۳۰	۵-۷- ستون فلوتاسیون اصلاح شده برای جدایش ذرات ریز طلا
۱۳۴	۶-۷- بازیابی نرمة های کرومیت از پساب های معدنی با روش فلوتاسیون ستونی
۱۳۵	۱-۶-۷- نتایج آزمایش های انجام شده
۱۳۵	۱-۱-۶-۷- تأثیر pH پالپ، بر فلوتاسیون کرومیت
۱۳۷	۲-۱-۶-۷- تأثیر یون های فلزی بر فلوتاسیون ذرات نرمة کرومیت
۱۳۹	۳-۱-۶-۷- فلوتاسیون ذرات نرمة کرومیت از پساب
۱۴۰	۷-۷- فلوتاسیون ستونی اصلاح شده به کمک جذب بر رسوب کلونییدی هیدروکسید آهن
۱۴۱	۱-۷-۷- تست های آزمایشگاهی به کمک ستون در مقیاس پایلوت
۱۴۷	فصل هشتم
۱۴۷	کاربرد فلوتاسیون در فرآوری باطله های معدنی
۱۴۷	۱-۸- مقدمه
۱۴۸	۲-۸- باطله های زغال سنگ
۱۴۹	۳-۸- بازیابی زغال از باطله جیگ کارخانه زغالشویی انجیر تنگه (البرز مرکزی)
۱۶۱	۱-۶-۸- تست های فلوتاسیون ناپیوسته
۱۶۱	۲-۶-۸- تست های فلوتاسیون ستونی
۱۶۳	۱-۷-۸- باطله های مس سرچشمه
۱۶۵	۲-۷-۸- بررسی امکان بازیافت مس از باطله کارخانه فرآوری مس سرچشمه

- ۸-۷-۳- فراوری باطله های معادن تل مسی و مس کنی..... ۱۶۵
- ۸-۷-۴- بازیابی باطله های مس معدن آناکونده با روش فلوتاسیون تلفیقی..... ۱۶۶
- ۸-۷-۵- بازیابی مس از سرباره کوره های کنورتر ذوب مس خاتون آباد سرچشمه..... ۱۷۱
- ۸-۸-۱- بررسی بازیابی آپاتیت از باطله های فلوتاسیون هماتیت کارخانه کانه آرای چادرملو..... ۱۷۳
- ۸-۸-۲- بررسی و امکانسنجی بازیافت فلز مس از باطله های کارخانه فرآوری و کارخانه هماتیت..... ۱۷۶
- ۸-۹-۱- آرایش باطله های قدیمی معدن آهنگران به روش فلوتاسیون..... ۱۷۶
- ۸-۹-۲- بررسی امکان بازیابی کانه های اکسیده روی معدن هفت عمارت به روش فلوتاسیون..... ۱۷۷
- ۸-۹-۳- حذف آهن و پر عیار سازی کانیهای اکسیده روی دیوی باطله معدن گوسفیل باما به روش..... ۱۷۸
- ۸-۹-۴- فلوتاسیون باطله های معدن سرب و روی انگوران و بهینه سازی معرف های مورد استفاده..... ۱۸۰
- ۸-۱۰-۱- روش های فراوری طلا از سد باطله..... ۱۸۱
- ۸-۱۰-۲- طلای غیر مقاوم..... ۱۸۱
- ۸-۱۰-۳- طلای مقاوم..... ۱۸۱
- ۸-۱۰-۴- باطله های ماسه ای شکل..... ۱۸۱
- ۸-۱۰-۵- دلایل فراوری طلا از سد باطله..... ۱۸۲
- ۸-۱۰-۶- ستون اصلاح شده جهت بازیابی ذرات نرمه کم عیار طلا از باطله ها..... ۱۸۲
- ۸-۱۰-۶-۱- فلوتاسیون HIC-3PC..... ۱۸۵
- ۸-۱۰-۶-۲- مطالعات فلوتاسیون ستونی-HIC..... ۱۸۶
- ۸-۱۱-۱- مروری بر بازیابی باطله های فسفات..... ۱۸۹
- ۸-۱۱-۲- فلوتاسیون..... ۱۹۲
- ۸-۱۱-۲-۱- فلوتاسیون مکانیکی..... ۱۹۳
- ۸-۱۱-۲-۲- فلوتاسیون ستونی..... ۱۹۳
- ۸-۱۱-۳- بازیابی فسفات از نرمه های باطله - فلوریدا (ستون فلوتاسیون)..... ۱۹۵
- ۸-۱۱-۴- بازیابی ذرات ریز فسفات به عنوان باطله در برزیل..... ۱۹۶
- ۸-۱۲- باطله های کرومیت..... ۱۹۹
- ۸-۱۲-۱- فراوری باطله کرومیت با استفاده از فلوتاسیون ستونی..... ۱۹۹
- ۸-۱۳- باطله های سیلیمانیت..... ۲۰۱
- ۸-۱۳-۱- بازیابی سیلیمانیت با استفاده از فلوتاسیون ستونی- مطالعه..... ۲۰۱
- در مقیاس پایلوت..... ۲۰۱
- ۸-۱۴- باطله های باریت..... ۲۰۹

- ۸-۱۴-۱- فراوری باطله های باریت مربوط به دستگاه جیگ کارخانه درین کاشان..... ۲۰۹
- ۸-۱۵- باطله های منیزیت ۲۱۰
- ۸-۱۵-۱- فراوری باطله های منیزیت کارخانه تهیه و تولید منیزیای بیرجند..... ۲۱۰
- پیوست ها ۲۱۱
- واژه نامه انگلیسی- فارسی ۲۱۷
- منابع و مراجع ۲۲۹

www.ketab.ir