علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دهم، شماره یک، بهار ۸۷

امکان سنجی جذب MTBE از آب های زیر زمینی با استفاده از رس های اصلاح شده

***سعید گیتی پور**
عضو هیات علمی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
مصطفی ابوالفضل زاده
کارشناس ارشد مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
سعید گیوه چی
دانشجوی دکتری جغرافیای شهرسازی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت:۸۵/۱۱/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۸۶/۳/۲۳**

چکیده

متیل ترشیو بوتیل اتر(MTBE) از ترکیبات اضافه شونده به بنزین است که کاربرد آن در افزایش عدد اکتان سوخت به منظور بهره وری بیشتر از بنزین می باشد. MTBE از طرف سازمان حفاظت محیط زیست امریکا به عنوان یک ماده مضر با احتمال سرطان زایی بالا طبقه بندی شده است. همچنین RCRA نیز این ماده را در لیست مواد خطرناک خود قرار داده است. این ماده از مخازن زیر زمینی نگه داری سوخت در مراکز پخش فراورده ها و سایر منابع نگه داری آن نفوذ کرده و وارد محیط خاک می شود. ویژگی های خاص فیزیکی و شیمیایی MTBE موجب نفوذ سریع این ماده در خاک و ورود به آب های زیر زمینی می‌گردد. خاک رس اصلاح شده، حاصل تغییراتی است که در ساختار شیمیایی بنتونیت معمولی انجام گرفته و دارای خاصیت جذب هیدروکربن ها می باشد.

در این تحقیق آزمایش های تورم آزاد و همچنین جذب خطی برای بررسی کارایی رس های اصلاح شده به عنوان جاذب MTBE مورد استفاده قرار گرفته است. افزایش حجم نمونه خاک رس اصلاح شده در آزمایش تورم آزاد از $۲cm^3$ به مقدار متوسط cm^3 ۱۱/۹۵ نشان دهندهٔ ۴۹۷/۵٪ افزایش حجم در تماس با MTBE بوده است. همچنین کاهش چشم گیر غلظت MTBE محلول در آب، در هر ۴ نمونه آزمایش ایزوترم های جذبی همگی کارایی خاک های رسی اصلاح شده در برطرف نمودن MTBE از محلول را نشـــان می دهد. مقادیر جذب MTBE از محلول توسط خاک رس اصلاح شده از ۸۲/۰۷ تا ۹۵/۱۱ ٪ متغیر بوده و میزان جذب متوسط حاصل از کل آزمایش ها برابر ۸۹/۴۱ ٪ تعیین گردید.

واژه های کلیدی: MTBE، آب زیرزمینی، رس اصلاح شده، جذب.

Archive of SID
www.SID.ir

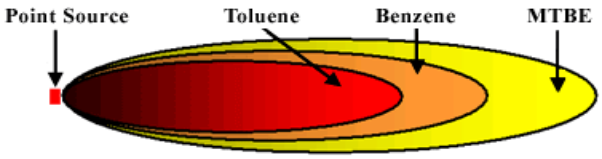
مقدمه

متیل ترشیو بوتیل اتر(MTBE) یک اتر فرار، به فرمول شیمیایی $((CH_3)_3COCH_3)$ می باشد که در دمای محیط، مایعی است بی‌رنگ و زلال و بویی شبیه تربانتین دارد. این ترکیب در برخی از حلال‌های آلی به خوبی حل می‌شود. ضمناً این ماده قابل اشتعال است اما به طور خود به خود اکسید نمی‌شود. ازلحاظ شیمیایی خنثی است و اسیدها و بازهای ضعیف بر روی آن تاثیری ندارد(۱،۳و۴).

MTBE اولین بار در ایالات متحده در اواخر دهه ۱۹۷۰ مورد استفاده قرار گرفت و به دلیل مسایل اقتصادی و ملاحظات تهیه و تامین اکسیژنات ها انتخاب شد. در سال ۱۹۹۳ تولید MTBE در میان سایر مواد شیمیایی در ایالات متحده در رده دوم قرار گرفت. در حدود ۹۵٪ کل MTBE تولیدی در جهان به عنوان بالا برنده عدد اکتان در بنزین استفاده می‌شود. در واقع MTBE، میزان ۵-۲ ٪ وزنی (۱۵ ٪ حجمی) به عنوان جایگزین تترا اتیل سرب به بنزین اضافه شده و سبب کاهش تولید منواکسید کربن و ازن اتمسفری می شود و مشکل مه دود را تا حدودی رفع می نماید (۵و۷).

با توجه به مطالعات اپیدمیولوژیکی و بالینی، مطالعات حیوانی و مطالعات متابولیکی و کینتیکی در تعیین اثرات بهداشتی MTBE، این ماده از طرف EPA به عنوان یک ماده مضر برای سلامتی انسان با خطر سرطان زایی بالا معرفی شده است. RCRA[1] (قانون پاسخ جامع زیست محیطی و جبران خسارت) نیز در طبقه بندی خود، MTBE را در لیست مواد خطرناک با ویژگی سرطان زایی معرفی کرده است (۸).

MTBE از طرق گوناگون می تواند وارد محیط زیست گردد. نشت و رها سازی از مخازن زیر زمینی نگه داری سوخت در پالایشگاه ها، انبارها و نیز پمپ بنزین ها از راه های عمده نشت این ترکیب به خاک و سپس به آب های زیر زمینی می‌باشد. در میان ترکیبات مختلف موجود درسوخت ها همان گونه که در شکل ۱دیده می شود، MTBE به علت نفوذپذیری زیاد، حلالیت بالا در آب، ثابت هنری پایین به راحتی در خاک نفوذ کرده و به آب های زیر زمینی می رسد. و این شایع ترین قدرت نفوذ MTBE به منابع آب های زیر زمینی است[۹].



شکل ۱- مقایسه سرعت انتشار MTBE در خاک در مقابل سایر ترکیبات نفتی

وجود MTBE در سفره های آب های زیر زمینی، سازمان های حفاظت محیط زیست در نقاط مختلف دنیا از جمله کشور امریکا را مجبور به وضع قوانینی برای غلظت مجاز این ماده در آب آشامیدنی نموده است. همچنین پاک سازی سفره های آب های زیر زمینی از MTBE مورد توجه بالایی قرار گرفته است که استفاده از شیوه تبادل کاتیونی به وسیله رس ها برای جذب این ترکیب یکی از این روش ها می باشد.

کانی های رسی به علت خواصی چون سطح ویژه بالا و ساختار خاص کریستالی، که موجب جذب کاتیونی می گردد به عنوان یک جاذب کارا جهت فلزات همواره مورد توجه بوده است(۱، ۱۰و ۱۱). با استفاده از نمک های چهارگانه آمونیومی (هگزا دی کلرو آمونیوم) و تغییرات ساختاری که این مواد در کانی های خاک رس معمولی ایجاد می نماید، خاک های رسی اصلاح شده حاصل می گردد، که بر خلاف کانی های رس معمولی آب گریز بوده و توانایی زیادی برای جذب ترکیبات هیدروکربنی از خود نشان می دهد(۱۱و۱۲).

هدف از ارایه این مقاله شناسایی امکان جذب MTBE از آب های زیر زمینی به وسیله رس های اصلاح شده می باشد. لذا در این پژوهش امکان پذیری چنین مساله ای با استفاده از آزمایش های تورم آزاد و جذب خطی مورد تحقیق قرار گرفته است. تا کنون مطالعات زیادی در مورد رس های اصلاح شده صورت گرفته است از جمله: Smith برای اولین بار

1-Resource Conversation and Recovery Act

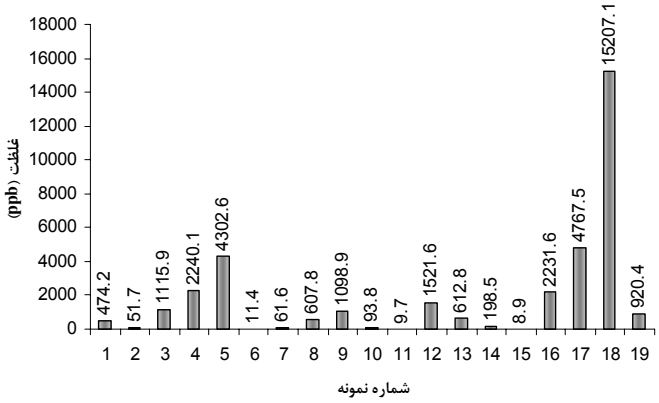
Archive of SID

www.SID.ir

مطالعاتی برروی موادی با اساس و بنیان آلی و نمک هایشان بر روی رس مونتمورلونیت (Montmorillonite) انجام داد و از نتایج آن به شواهدی مبنی بر وجود تبادل یونی بین ذرات این خاک و مواد آلی دست یافت. امکان استفاده و تولید رس های منفعل شده و استفاده از آن برای پالایش آب و خاک های آلوده در مطالعات دیگری مورد توجه قرار گرفته است که در این تحقیقات با استفاده از نمک های چهارگانه آمونیوم HDTMA (هگزا دی سایل ترای متیل آمونیوم) و تغییرات ساختاری که این مواد در کانی ها ایجاد می کند، توانستند بنتونیت را اصلاح نمایند و در نتیجه این رس در جذب بنزن و تری کلرو اتان در فاز گازی و نیز در حالت محلول کاملاً موفق بوده است. همچنین Pancoski, Evans (۶) مطالعاتی بر روی تعدادی از نمونه های خاک رس متفاوت (معمولی و اصلاح شده) با ۷ ترکیب شیمیایی آلی انجام دادند. در این پژوهش آزمایش تورم آزاد (Free Swell Test)، معیاری برای جذب این مواد به وسیله کانی های رس در نظر گرفته شده بود. نتایج این آزمایش ها حاکی از جذب برخی از ترکیبات آلی از قبیل اسید استیک، استون، آنیلین، هگزن و غیره در خاک های رسی اصلاح شده است.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه های ایران برای یک نمونه خاک رس خاص میزان ضخامت لایه ای متفاوتی گزارش شده است که حاکی از تفاوت میزان توانایی آن خاک برای جذب ترکیبات مختلف می باشد. بیشترین تغییر حجم برای رس معمولی در برابر آب گزارش شده است که این امر به دلیل ویژگی های آب دوستی بنتونیت می باشد. در حالی که نتایج برای دو نمونه دیگر ویژگی آب گریزی و جذب ترکیبات آلی را به عنوان پدیده غالب نشان می دهد(۱۰).

در مورد میزان غلظت MTBE در آب های زیر زمینی در ایران مطالعاتی انجام شده است که نشان از وجود غلظت های بالای MTBE در آب های زیر زمینی نقاط مجاور پالایشگاه تهران و مراکز پخش(پمپ بنزین ها) دارد. نتایج یکی از این تحقیقات در مورد چاه های اطراف پالایشگاه تهران، درنمودار شماره ۱ آمده است(۲). مقادیر گزارش شده در این تحقیق در مقایسه با غلظت مورد نظر سازمان حفاظت محیط زیست امریکا که بین ۲۰ تا ppb ۴۰ (۹) می باشد، در بسیاری از نمونه ها به شدت بالا است. این در حالی است که چاه های آب دارای لایه های نفت، مورد آنالیز قرار نگرفته است.



نمودار ۱- نتایج اندازه گیری غلظت MTBE در آب های زیر زمینی مجاور پالایشگاه تهران

در سال های اخیر استفاده از جاذب رس اصلاح شده بسیار مورد توجه بوده و امکان استفاده از آن برای تصفیه آب و حذف ترکیباتی چون فنل (۱۱) اسیدبنزونیک(۱۲) فلوراید(۱۳) بررسی گردیده است، که همگی نشان از کارایی این خاک در امر تصفیه و جذب این ترکیبات را دارد. قبلاً از جاذب هایی چون رزین های کربنی، زئولیت ها، کربن فعال و رزین های اکرلیکی برای حذف MTBE در پژوهش های مختلف که به ترتیب توسط Scott, Hsu-Wen (۱۴و۱۵) انجام گرفته است، اما تاکنون تحقیقاتی در مورد میزان جذب و امکان استفاده از رس اصلاح شده به عنوان جاذب MTBE انجام نگرفته است.

سوال اصلی تحقیق

این پژوهش در پی آن است که به ارایه یک شیوه جدید برای کاهش میزان آلودگی ناشی از MTBE در آب های زیرزمینی اقدام نماید. لذا پرسش بنیادی تحقیق به صورت زیر مطرح می گردد:

Archive of SID

www.SID.ir

آیا رس های اصلاح شده می تواند به عنوان یک جاذب کارا جهت جذب MTBE محلول از آب های زیر زمینی عمل نماید.

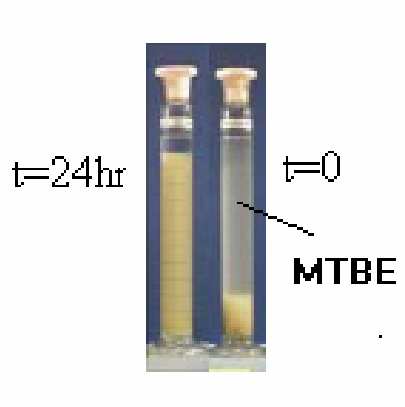
مواد و روش ها

در این تحقیق در مجموع ۲ سری آزمایش مشتمل بر آزمایش های تورم آزاد و جذب خطی صورت گرفت که ذیلاً روش انجام آن ها آمده است:

آزمایش تورم آزاد

همان گونه که در قسمت های قبل ذکر شد، کانی های رسی به علت دارا بودن خاصیت جذب روی سطوح و در فضای بین لایه ای خود قابلیت افزایش ضخامت در ذرات خود را می یابد که این ویژگی از دیدگاه ماکروسکوپیک باعث تورم توده های خاک می شود و می توان تغییر حجم و میزان افزایش آن را اندازه گرفت. این تغییر حجم می تواند معیاری جهت تمایل انواع رس ها برای آلاینده های مختلف به دست دهد. به طورمثال رس های معمولی علاقه ای به جذب مواد آلی و هیدروکربنی از خود نشان نمی دهد، در عوض در برابر حلال قطبی مانند آب، به علت خاصیت آبدوستی شان به شدت دچار تورم می شود.

برای انجـــام آزمایش تغییر حجم خـاک رس (Free Swell Test) دو نمونه خاک رس اصلاح شده با حجم اولیه ۲ml در داخل لوله آزمایش قرار داده می شود و لوله آزمایش با MTBE خالص پر می گردد. از آن جا که MTBE ماده فراری است در لوله آزمایش بسته می شود تا تغییر حجم این ترکیب در اثر تبخیر، موجب ایجاد خطا در آزمایش نگردد. سپس نمونه ها را به مدت ۲۴ ساعت مطابق شکل ۲ در آزمایشگاه قرار داده و پس از تعادل میزان تورم رس ها در لوله آزمایش قرائت می شود. در واقع بالا ترین حد تورم، محل جدا شدن ژل خاک از آب شفاف در نظر گرفته می شود.



شکل۲ – نمونه های آزمایش تورم آزاد

آزمایش جذب خطی

تئوری جذب خطی بر این اساس استوار است که مقدار ماده جذب شده بر واحد وزن جاذب(خاک رس) به صورت خطی با غلظت ترکیب در محلول متناسب است. این امر با رابطه ۱ بیان می شود.

$$C^* = K_d C$$ رابطه ۱:

که در این رابطه C^* مقدار ماده جذب شده به ازای واحد وزن خاک

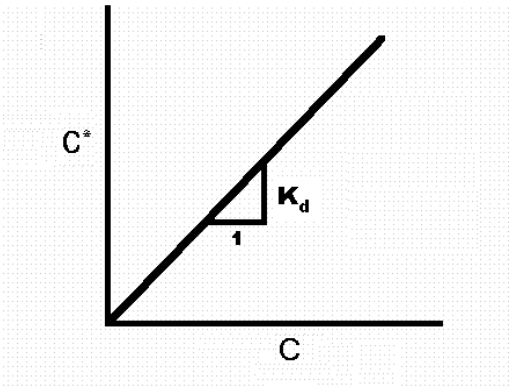
C مقدار غلظت اولیه ماده در محلول

K_d ثابت جذب است.

با رسم نمودار C در برابر C^* با مقادیر تجربی حاصل از آزمایش، می توان شیب خط را که همان مقدار K_d می باشد به دست آورد. (شکل شماره۳)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- نحوه محاسبه K_d از روی نتایج آزمایشگاهی.

نحوه به دست آوردن ثابت جذب (K_d)

این آزمایش در آزمایشگاه بر روی ۴ نمونه انجام شد. لیست نمونه های تهیه شده در جدول شماره ۱ آمده است قابل ذکر است که با توجه به میزان حلالیت MTBE در آب(۱و۵٪) باید تمام غلظت های محلول کمتر از حلالیت نهایی آن در نظر گرفته شوند، همچنین آزمایش باید در ظروفی انجام گیرد که کاملاً قابلیت آب بندی شدن را داشته باشد تا MTBE از حالت محلول در آب تبخیر نگردد. به علت این که در شرایط واقعی pH خاک در محدوده ۸-۶ است، لذا pH محلول و خاک در همه نمونه ها با pH=۷ تثبیت گردید تا از ایجاد خطا در اثر تغییرات pH اجتناب شود. بعد از ساخت غلظت های مورد نظر محلول MTBE و قرار دادن آن ها در ظروف آزمایش حاوی رس اصلاح شده، درب آن ها کاملاً بسته شد. وزن نمونه های خاک رس در ظروف برابر ۱ گرم برای هر یک از آزمایش ها بوده است. ضمناً با استفاده از همزن ابتدا نمونه ها کاملاً مخلوط شده و برای ایجاد تماس بیشتر از حمام صوت برای این امر استفاده گردید. سپس نمونه ها در فضای آزمایشگاه با دمای ثابت ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرارگرفت(۶) و تورم در ذرات رس اصلاح شده، همان گونه که انتظار می رفت به وقوع پیوست. نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با بالاترین دور قرار گرفت تا فاز محلول شفاف در قسمت بالای نمونه ها کاملاً مشخص شود.

جدول ۱- نمونه های مورد استفاده در آزمایش جذب خطی

شماره نمونه	نوع خاک	حجم ظرف ml	زمان(ساعت)	مقدار MTBE محلول (ppm)
۱	بنتونیت اصلاح شده	۳۵ ml	۲۴	۷۴۰
۲	بنتونیت اصلاح شده	۳۵ml	۲۴	۲۲۲۰
۳	بنتونیت اصلاح شده	۳۵ml	۲۴	۱۲۵۸۰
۴	بنتونیت اصلاح شده	۳۵ml	۲۴	۲۰۷۲۰

با خارج نمودن محلول از نمونه ها، فرایند تغلیظ و استخراج انجام گرفت. این عمل به دلیل نزدیک بودن طیف حلال های دی کلرومتان و MTBE و نیز هگزان و MTBE در دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) در نهایت با حلال متانول صورت گرفت. در این مطالعه دستگاه GC از نوع Hewlett-Packard Series 610 و مجهز به نمونه گیر اتوماتیک و شناساگر از نوع یونیزاسیون شعله ای و تزریق کننده اتوماتیک بود. ستون مورد استفاده (Supelco) از نوع موئینه با ابعاد ۶۰ متر در ۰/۲۵ میلی متر (قطر داخلی) تشکیل می‌گردید. درجه حرارت های اعمال شده عبارت بود از ۲۸۰ $^{\circ}C$ جهت ورودی دستگاه، ۳۴۰ $^{\circ}C$ جهت شناساگر و شیب حرارتی بین ۲۰۰-۵۰۰ $^{\circ}C$. همچنین نمونه ها در حجم های ۲ میکرولیتر تزریق گردید. قبل از آنالیز نمونه ها، منحنی کالیبراسیون با استفاده از تزریق ۵ نمونه از محلول MTBE در غلظت های مختلف صورت پذیرفت. سپس منحنی حاصل از غلظت MTBE و سطوح مرتبط با هر یک از آن ها در محور مختصات ترسیم گردیده و با توجه به منحنی کالیبراسیون به دست آمده غلظت نمونه های حاصل از آرمایش جذب تعیین گردید. روش های آماده سازی و آنالیز نمونه ها در متدهای استانـــدارد

Archive of SID

www.SID.ir

SW846 U.S.EPA, سازمان حفاظت محیط زیست امریکا توضیح داده شده است.

یافته ها و بحث

نتایج آزمایش های صورت گرفته در این مطالعه در جداول شماره ۲و۳ و شکل شماره ۴ نشان داده شده است. نتایج آزمایش تورم آزاد در جدول شماره ۲ خلاصه شده است. برای جلوگیری از خطاهای احتمالی، این آزمایش بر روی دو نمونه انجام شد، که میانگین اعداد به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی گزارش شده است.

جدول ۲- نتایج آزمایش تورم آزاد در خاک های رسی اصلاح شده در تماس با MTBE

نوع خاک	مایع مورد استفاده	حجم اولیه خاک خشک (cm^3)	حجم ثانویه(cm^3)	میانگین در صد افزایش حجم
بنتونیت اصلاح شده	MTBE	۲	۱۲	۴۹۷/۵
بنتونیت اصلاح شده	MTBE	۲	۱۱/۹	

همان گونه که از نتایج جدول شماره ۲ پیداست افزایش قابل توجهی در متوسط حجم نمونه خاک های رس اصلاح شده صورت گرفته، به گونه ای که خاک از حجم اولیه ۲ cm^3 به ۱۱/۹۵ cm^3 رسیده است. این میزان تورم ذرات خاک رس اصلاح شده نشان از ورود مولکول های MTBE به فضای بین لایه ای این خاک ها و افزایش حجم آن دارد و این مسئله بیانگر آن است که رس اصلاح شده جاذب مناسبی برای MTBE به شمار می آید و در حقیقت نتیجه این آزمایش پاسخگوی پرسش بنیادی تحقیق می باشد. به منظور تایید نتیجه این آزمایش میزان غلظت MTBE موجود در آب توسط دستگاه GC در آزمایش جذب خطی مورد اندازه گیری شد. خلاصه نتایج و فرآیند صورت گرفته برای رسم نمودار جذب سطحی در جدول شماره ۳ آمده است. نکته قابل توجه این است که تفاوت میزان غلظت MTBE موجود در آب که توسط دستگاه GC اندازه گیری شده با غلظت اولیه حل شده در آب میزان جذب MTBE در خاک رس اصلاح شده را به نمایش می گذارد.

جدول ۳- نتایج آزمایش جذب خطی برای تعیین غلظت جذب شده توسط خاک رس اصلاح شده.

آزمایش شماره	محلول	مقدار اولیه در آب(mg/l)	بعد از گذشت ۲۴ ساعت در حالت تعادل		در صد جذب در خاک	درصد متوسط جذب در خاک
			مقدار در آب (mg/l)	مقدار در خاک (mg/g)		
۱	MTBE	۷۴۰	۱۳۲/۶۶	۶/۴	۸۲/۰۷	۸۹/۴۱
۲	MTBE	۲۲۲۰	۲۵۵/۹۱	۱۶/۳۳	۸۸/۴۷	
۳	MTBE	۱۲۵۸۰	۱۰۰۹/۳۸	۴۱/۵۷	۹۱/۹۸	
۴	MTBE	۲۰۷۲۰	۱۰۱۲/۳۷	۸۳/۸۶	۹۵/۱۱	

نتایج جدول شماره ۳ بیانگر آن است که مقدار قابل توجهی از MTBE محلول در آب وارد فاز خاکی شده که به وسیله ذرات خاک رس اصلاح شده به صورت سطحی جذب گردیده است. همچنین به طور متوسط ۸۹/۴۱٪ MTBE محلول در واحد جرم رس معمولی جذب شده است. این مقدار جذب MTBE نشان از کارایی و قابلیت بسیار خوب رس های

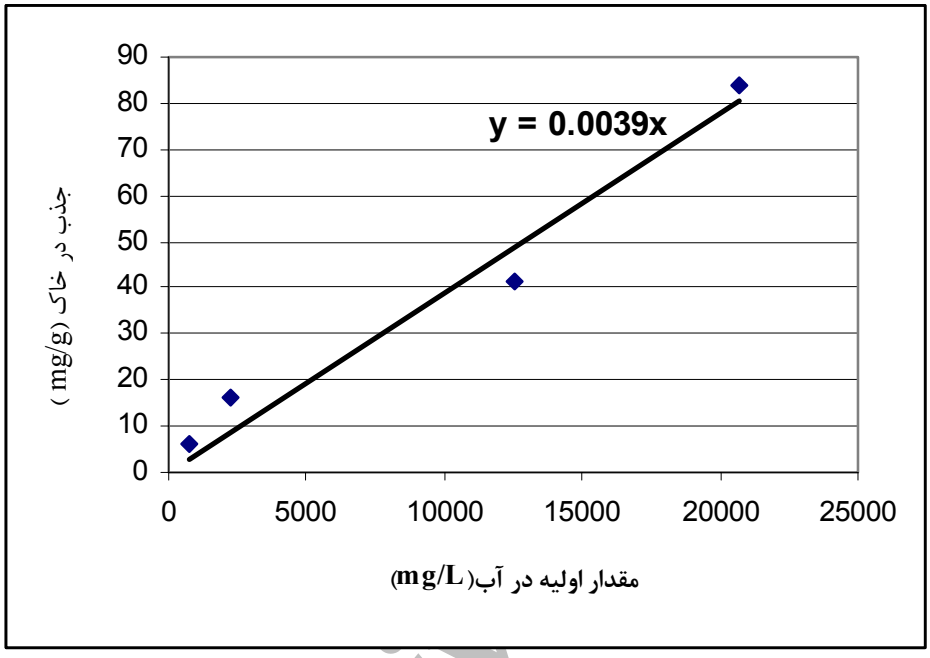
Archive of SID

www.SID.ir

اصلاح شده در جذب MTBE محلول در آب در جهت کاهش غلظت آن دارد.

با توجه به اعداد به دست آمده می توان نمودار ایزوترم خطی جذب MTBE به وسیله خاک های رسی اصلاح شده را رسم کرد و بدین وسیله مقدار ثابت جذب خطی K_d حاصل می شود. شکل شماره ۴ این فرایند را نمایش می دهد.

همان گونه که در شکل شماره ۴ دیده می شود بهترین خط عبور کننده از این نقاط، خط y =۰/۰۰۳۹ x می باشد که شیب این خط همان مقدارKd است. همچنین ضریب همبستگی ۰/۹۷۰۶به دست آمد.



R^2=0.9706

شکل ۴- نمودار ایزوترم جذبی MTBE به وسیله نمونه های رس اصلاح شده

در آزمایش تورم آزاد، ورود مولکول های MTBE به فضای بین لایه ای خاک رس اصلاح شده باعث افزایش این فاصله شده و در دیدگاه ماکروسکوپیک تورم و افزایش حجم خاک را در مجاورت با MTBE نشان می دهد. مقدار این تورم قابل توجه از توانایی خاک های رسی اصلاح شده در جذب MTBE خبر می دهد. نتایج حاصل از آزمایش جذب نیز که بیانگر درصد جدایی این آلاینده در محیط آبی در مجاورت خاک می باشد، به صورت قطعی حاکی از این امر است که مولکول های MTBE محلول در آب در تماس با ذرات خاک رس اصلاح شده از فاز محلول خارج شده و در لایه های این ذرات به صورت سطحی جذب می شود. نتایج این دو آزمایش نشانگر قابلیت خاک های رسی اصلاح شده در برطرف نمودن این ترکیب خطرناک از آب های زیر زمینی آلوده می باشد.

خلاصه و جمع بندی

با توجه به خطرناک بودن MTBE و ویژگی های خاص آن که منجر به نفوذ بیشتر این ماده به منابع آب های زیر زمینی می شود، استفاده از روش های جدید و کارا برای حذف آن بسیار ضروری به نظر می رسد. آزمایش های انجام گرفته در این پژوهش به منظور معرفی رس های اصلاح شده به عنوان جاذب جهت تصفیه آب های آلوده و نیز بررسی میزان کارایی این کانی ها در این امر صورت گرفته است. نتایج آزمایش های تورم آزاد و جذب خطی کاملاً همسو بوده و هردو

Archive
www.SID.ir

بر توانایی ذرات خاک رس اصلاح شده در جذب MTBE از آب دلالت دارد.

آزمایش های تورم آزاد و جذب خطی هر دو این موضوع را که رس اصلاح شده یک جاذب مناسب برای برطرف نمودن آلودگی ها از آب های زیر زمینی به شمار می آید. لذا با توجه به آثار خطرناکMTBE و نیز ضرورت دفع این آلودگی ها از آب های زیر زمینی، استفاده از رس های اصلاح شده یک راهکار کارآمد در حذف آلودگی ها به شمار می آید.

منابع

۱. ابوالفضل زاده، مصطفی. گیتی پور سعید،۱۳۸۶. "بررسی میزان جذب و نشت MTBE در خاک های رسی معمولی و اصلاح شده". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

۲. عارفی، اشکان. نبی بید هندی غلامرضا ۱۳۸۴. بررسی میزان MTBE در آب های زیر زمینی و پیشنهاد راهکار جهت حذف آن". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

3. T. Shih, Y. Rong, T. Harmon, M. Suffet, Evaluation of the impact of fuel hydrocarbons and oxygenates on groundwater resources, Environ. Sci. Technol. 38 (2004) 42–4
4. Environmental Protection Agency, U.S. EPA (2006). MTBE in Fuels. Last updated on Tuesday, March 7th, 2006. URL: http://www.epa.gov/mtbe/gas.htm
5. Squillace, PJ.1996.Preliminiary assessment of the occurrence and possible, source of MTBE in groundwater in the United States, 1993-1995. Environ. Sci. Technol. 30:1721-1730
6. Evans J C, and Pancoski S E. 1989. "Organic waste Trearment with Organically Modified Clays". Ph.D. dissertation in BUCKNELL UNIVERSITY.
7. U.S. Geological Survey .1995.Occurrence of the Gasoline Additive MTBE in Shallow Ground Water in Urban and Agricultural Areas, United States Geological Survey National Water Quality Assessment Program, Fact Sheet. FS.114-95
8. Indiana Department of Environmental Management (IDEM), 2005. Methyl-Tertiary Butyl Ether (MTBE) Remediation. Identification Number: WASTE-0055-NPD
9. Environmental Protection Agency, U.S. EPA (1996). 40 CFR Part 131. Proposed Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Federal Register 61(79): 17959-18011. Wednesday, April 23. Washington, D.C.: U.S. EPA.
10. Gitipour Saeid, Akbar Baghvand and Saeid Givehchi. 2006 "Adsorption and permeability of contaminated clay soils to hydrocarbons" Pakistan journal of biological Science, vol .9 No. 3 p.p. 336-340
11. Lizhong Zhu and Baoliang chen. 2000 "Sorption Behavior of *p*-Nitrophenol on the Interface between Anion-Cation Organobentonite and Water". Environ. Sci. Technol.2000, 34,2997-3002
12. Nuray Yıldız, R¨uya G¨on¨uls¸en, H¨ulya Koyuncu and Ayla C¸ alımlı. 2005 "Adsorption of benzoic acid and hydroquinone by organically modified bentonites". Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 260 (2005) 87–94
13. Dana Yaron-Marcovich and Shlomo Nir, Yona Chen. 2003 "Fluridone

Archive of SID

www.SID.ir

adsorption–desorption on organo-clays". Applied Clay Science 24 (2004) 167– 175

14. Scott W. Davis and Susan E. 2000 "Alternative Sorbents for Removing MTBE from Gasoline-Contaminated Ground-Water". Journal of Environmental Engineering, Vol. 126, No. 4, April, 2000.
15. Hsu-Wen Hung and Tsair-Fuh Lin. 2006 "Adsorption of MTBE from contaminated water by carbonaceous resins and mordenite zeolite". Journal of Hazardous Materials B135 (2006) 210–217.

Archive of SID

www.SID.ir