



بررسی تاثیر اندازه ذره در جذب فسفات توسط بنتونیت اصلاح شده از محیط‌های آبی

فربیا نعمتی شمس آباد^۱، حسین ترابی گل سفیدی^۲، امیر محمد ناجی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شاهد، ۲- استادیار دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه شاهد

nemati.fariba@gmail.com

چکیده

فسفات یکی از آلاینده‌های محیطی است که تجمع این ماده سبب ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون شده و خطرات زیست محیطی جبران ناپذیری بر جای می‌گذارد. در این تحقیق راندمان جذب فسفات و سینتیک آن با استفاده از بنتونیت آلی در دو اندازه نانو بنتونیت و بنتونیت (ذرات کوچکتر از ۷۵ میکرون) و در سطوح مختلف غلظت اولیه فسفات مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تغییر سطح بنتونیت از سورفکتانت کاتیونی هگزادسیل تری متیل آمونیوم بروماید (HDTMA-Br) استفاده شد. آزمایش-های جذب فسفات در ۸ سطح غلظت فسفات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد جذب فسفات تحت تاثیر همزمان دو عامل غلظت فسفات و اندازه ذره می‌باشد. بیشترین راندمان جذب در غلظت‌های اولیه فسفات ۲۰ تا ۸۰ میلی گرم بر لیتر و بین ۹۳ تا ۱۰۰ درصد بود. بررسی ایزوترم‌های جذب فروندلیچ و لانگمویر نشان داد، ایزوترم جذب سطحی لانگمویر دارای برازش بهتری بر داده‌ها است و ایزوترم فروندلیچ علیرغم داشتن روند مشابه نسبت به ایزوترم لانگمویر کارایی کمتری داشت. واژه‌های کلیدی: بنتونیت آلی، HDTMA-Br، راندمان جذب فسفات، ایزوترم‌های جذب.

مقدمه

کانی‌ها نیمی از حجم اکثر خاک‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. کانی‌های فیلوسیلیکاتی دارای اندازه کوچک، سطح ویژه ی زیاد و ظرفیت تبادل کاتیونی هستند، در نتیجه روی هر دو خصوصیت شیمیایی و فیزیکی خاک موثرند. از جمله کانی‌های فیلوسیلیکاتی طبیعی و مهم، بنتونیت است. بنتونیت یک نوع سنگ است که تماماً از اسمکتیت نبوده، ولی غالباً حاوی کانی-های خانواده اسمکتیت است و خصوصیات آن بسیار مشابه یکی از اعضای این خانواده به نام مونت‌موریلونیت می‌باشد (Dixon et al., 2002). این کانی‌ها به دلیل ضعیف بودن نیروهای جاذبه بین لایه‌ها، دانه ریز بودن، توانایی تورم بالا در آب و محلول-های آلی دارای کاربردهای فراوانی در صنعت، کشاورزی، محیط زیست و غیره می‌باشند با داشتن تمام این ویژگی‌های مثبت به دلیل وجود CEC، این کانی قادر به جذب آنیون‌ها نمی‌باشد. امروزه می‌توان با تغییر در بار سطحی کانی علاوه بر استفاده از ویژگی‌های مثبت رس‌ها مانند سطح زیاد، آنها را برای جذب آنیون‌ها آماده کرد. این تغییرات با افزودن سورفکتانت‌های آلی بلند زنجیره و ساخت رس‌های آلی (Organoclay) امکان پذیر می‌باشد.

رس‌های آلی کانی‌های رسی طبیعی هستند که با مواد پلیمری اصلاح شده و برای اهداف خاصی استفاده می‌شوند. این تبادل باعث باز ماندن دائم لایه‌های رس و ایجاد تخلخل بیشتر و افزایش سطح بین لایه‌ها جهت تبادل می‌شود. رس‌های آلی جاذب، بوسیله تبادل کاتیون‌های طبیعی آمونیوم‌دار مثل تری متیل فنیل آمونیوم (TMPA) و تترا متیل آمونیوم (TMA) در رس‌ها ایجاد می‌شوند. این کاتیون‌های آلی در بین لایه‌های رس به صورت تک‌لایه، دولایه، شبه سه‌لایه و پارافینی آرایش می‌یابند. هرچه بار لایه‌ای بیشتر شود تمایل به سمت ساختار پارافینی بیشتر می‌شود (Dixon et al., 2002).

رس‌های آلی دارای کاربردهای متنوعی می‌باشند. از جمله کاربرد وسیع در نانو کامپوزیت‌ها (Decker et al., 2015)، در جذب تولوئن (Bedin et al., 2013)، در تصفیه آب (Park et al., 2013)، جذب فنل (Alkaram et al., 2009)، کاهش کربن قابل ترکیب با اکسیژن برای افزایش کیفیت آب آشامیدنی (El-Dars et al., 2015) و کاربردهای متنوع دیگر که از جمله آنها می‌توان به حذف عناصر سنگین، استفاده در حوزه‌هایی مانند پزشکی، آرایشی و بهداشتی و تصفیه فاضلاب و غیره اشاره کرد. رس‌های آلی در صنعت لاستیک و پلاستیک نیز کاربرد دارد (Bhattacharya and Aadhar, 2014).

فسفات یکی از آلاینده‌های محیطی است که در اغلب پساب‌ها و زه آب کشاورزی، صنعتی و بهداشتی وجود دارد. تجمع این ماده سبب ایجاد پدیده یوتریفیکاسیون شده و کیفیت آب را در دریاچه‌ها و یا رودخانه‌های کاهش و سبب نابودی موجودات آبی شده و خطرات زیست محیطی جبران ناپذیری بر جای می‌گذارد (ملکوتیان و همکاران، ۱۳۹۰).



هدف از این تحقیق، حذف و پالایش فسفات در محیط‌های توسط ذرات نانو آبی بنتونیت و بنتونیت (کوچکتر از ۷۵ میکرون و بدون تفکیک نانو ذرات) آلی شده با HDTMA-Br در سطوح متفاوت فسفات و همچنین بررسی سنتیک جذب آن است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از رس بنتونیت تولیدی معادن داخل کشور در دو اندازه ذره نانو (کوچکتر از ۲۰۰ نانومتر) و بنتونیت (ذرات کوچکتر از ۷۵ میکرون و بدون تفکیک نانو ذرات) استفاده گردید. جدا سازی نانو ذرات به روش سانتریفیوژ (kittrick & Hope, 1963) انجام گرفت. تجزیه عنصری بنتونیت به وسیله میکروسکوپ الکترونی مجهز به EDX و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) آن به روش اسات سدیم اندازه‌گیری شده (احیایی، ۱۳۷۲). ظرفیت تبادل کاتیونی برای نانو ذرات بنتونیت، ۱۰۳ سانتی مول بر کیلوگرم و ذرات کوچکتر از ۷۵ میکرون آن، ۶۸ سانتی مول بر کیلوگرم تعیین گردید. ماده آلی استفاده شده جهت تغییر در کانی بنتونیت، سورفکتانت کاتیونی HDTMA-Br با وزن مولکولی ۳۶۴/۴۶ می‌باشد. به منظور تغییر سطح بنتونیت با توجه به CEC ذرات، سورفکتانت در غلظت ۲ برابر ظرفیت تبادل کاتیونی (۲۰۰ درصد CEC) تهیه و برای ساخت رس آلی استفاده گردید. برای این کار سورفکتانت کاتیونی هگزادسیل تری‌متیل‌آمونیم بروماید در نسبت ۲۰۰ درصد CEC با ۶۰ گرم از رس مورد نظر شیکر شد پس از آن، مخلوط حاصله چندین مرتبه به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. شستشو تا منفی شدن تست نترات نقره (Rhoades, 1982) برای تایید عدم حضور یون بروماید ادامه یافت. در نهایت نمونه رس به مدت ۲۴ ساعت در آن با دمای ۶۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از خشک شدن دو باره آسیاب و برای استفاده آماده گردید (Li, 2003). تجزیه عنصری بنتونیت، توسط دستگاه EDX انجام شد. همچنین از دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD)، جهت تایید آلی شدن نانوبنتونیت استفاده گردید.

آزمایش‌های جذب فسفات توسط رس‌های آلی در دو اندازه ذره نانو و کوچکتر از ۷۵ میکرون و ۸ سطح غلظت فسفات با سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور مقدار ۲ گرم از بنتونیت آلی تهیه شده، با ۲۵ میلی‌لیتر محلول فسفات (از منبع پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، KH_2PO_4) در غلظت‌های ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۲۲۵ دور در دقیقه شیک شد. پس از سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور به مدت ۵ دقیقه، محلول صاف رویی جدا و غلظت فسفات با استفاده از روش اسکوربیک اسید اصلاح شده (Kuo, 2005) و با استفاده از دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل PG Instruments Ltd در طول موج ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. پس از مشخص شدن میزان جذب فسفات و غلظت آن در حالت تعادل، منحنی‌های ایزوترم نمونه‌ها بر اساس مدل‌های لانگمیر و فروندلیچ و تمکین رسم و مشخص گردید. رابطه خطی مدل لانگمیر به صورت معادله ۲ است:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \left(\frac{1}{k q_m} \times \frac{1}{C_e} \right) \quad (2)$$

که در این رابطه نیز q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جاذب بر حسب میلی‌گرم بر گرم، C_e غلظت تعادلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، q_m حداکثر ظرفیت جذب برای فرم تک لایه و k ظرفیت معادله لانگمیر می‌باشد. فروندلیچ مدل خود را بر اساس جذب در سطوح ناهمگن طراحی کرده است این مدل به صورت خطی نبوده و حداکثر جذب را پیش‌بینی نمی‌کند رابطه مدل به صورت معادله ۳ می‌باشد.

$$q_e = K C_e^n \quad (3)$$

در معادله فروندلیچ q_e و C_e مانند معادله لانگمیر، K پارامتر متناسب با ظرفیت جذب سطحی و n پارامتری نشان دهنده میزان جذب می‌باشد.

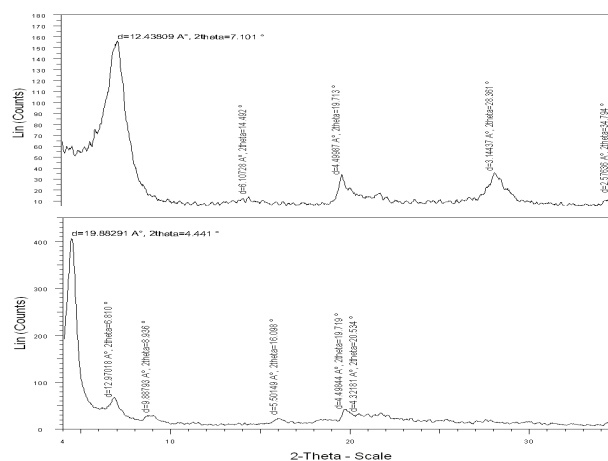
نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل عنصری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی EDX در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱- نتایج تجزیه و تحلیل عنصری بنتونیت مورد استفاده

ترکیب	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	LOI*
مقدار (درصد)	۴۷	۱۵/۵	۳/۲	۲/۶	۲/۷	۳/۶	۱۷

*: درصد کلی آب و مواد فرار (Loss of ignition)

همچنین پراش‌نگار پرتو ایکس بنتونیت، قبل و بعد از آلی شدن در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، پیک ۱۲/۴ آنگستروم بنتونیت، پس از آلی شدن و ورود هگزادی سیل‌تری‌متیل آمونیم به درون لایه‌های بنتونیت، به ۱۹/۹ آنگستروم تغییر یافته است. این افزایش بعد c کانی بنتونیت (c-spacing) نشان‌دهنده‌ی آلی شدن بنتونیت است.



شکل ۱- پراش‌نگار پرتو ایکس کانی بنتونیت قبل (بالا) و بعد از فرارگیری سورفکتانت در بین لایه‌ها (پایین)

نتایج بدست آمده از تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) و همچنین دستگاه AFM نشان داد که میانگین ذرات بنتونیت تفکیک شده به روش سانتریفیوژ کمتر از ۱۰۰ نانومتر و با میانگین ۷۴ نانومتر می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از جذب فسفات در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که جذب فسفات تحت تاثیر همزمان دو عامل غلظت فسفات و اندازه ذره می‌باشد.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس حاصل از داده‌های جذب فسفات بر ارگانوکی

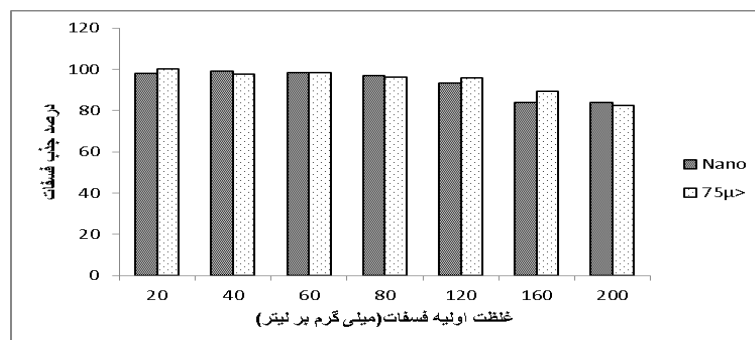
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد جذب
اندازه ذره	۱	۱۵/۸ *
غلظت اولیه فسفات	۶	۲۳۱/۹ **
غلظت اولیه فسفات×اندازه ذره	۶	۷/۶ *
ضریب تغییرات	-	۴/۶ %
خطا	۲۶	۲/۷
جمع کل	۳۹	

**معنی داری در سطح احتمال ۱٪ *معنی داری در سطح احتمال ۵٪ NS: غیر معنی دار

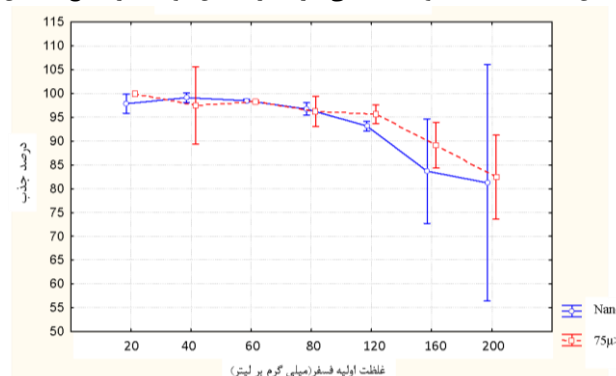
با توجه به شکل ۲ روند اثر متقابل، تاثیر غلظت‌های متفاوت اولیه در جذب فسفات را بیش‌تر از اندازه ذرات نشان می‌دهد. با افزایش غلظت اولیه فسفات از ۲۰ به ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، جذب فسفات در بنتونیت آلی در هر دو اندازه به صورت

افزایشی می‌باشد. این در حالی است که راندمان جذب روند کاهشی دارد. بیشترین راندمان جذب در غلظت‌های اولیه فسفات ۲۰ تا ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر و بین ۹۳ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. در غلظت‌های کمتر فسفات اولیه مکان‌های تبدالی موجود بر سطح نانوبنتونیت آلی نسبت به فسفات زیاد هستند در نتیجه بیشتر فسفات موجود در محیط بر سطح رس آلی جذب می‌شود. با افزایش غلظت، مکان‌های تبدالی سریع اشغال می‌شوند و راندمان جذب فسفات کاهش می‌یابد (اعظم و همکاران، ۱۳۹۲). در واقع در غلظت‌های کم فسفات سایت‌های قابل دسترس بیشتری برای جذب وجود دارد ولی با افزایش غلظت جذب شونده به جذب، راندمان جذب کاهش می‌یابد (Gunay et al., 2007). نتایج مهدوی و همکاران (۲۰۱۱)، اعظم و همکاران (۱۳۹۲) و نعمتی و همکاران (۱۳۹۵) با یافته‌های این تحقیق در خصوص روند جذب فسفات مطابقت دارد.

مقایسه راندمان‌های جذب فسفات نشان می‌دهد هر دو اندازه ذره دارای عملکرد تقریباً مشابهی می‌باشند اما در بالاترین سطوح غلظت اولیه فسفات، نانو ذرات عملکرد نسبتاً بهتری را نشان دادند (شکل ۲). کاهش اندازه ذره باعث افزایش مکان‌های تبدالی کاتیون‌های سطحی می‌شود. در نتیجه‌ی کوچک‌تر شدن اندازه، با افزایش مکان‌های تبدالی، سبب جذب بیشتر سورفکتانت و در پی آن حذف بیشتر آنیون‌ها می‌گردد (Hrenovic, et al., 2008). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که گنجایش تبادل کاتیونی ذرات رس کوچکتر از ۷۵ میکرون بنتونیت ۸۶ و ذرات نانو دارای ۱۰۳ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم است.



شکل ۲- راندمان جذب فسفات با توجه به معنی داری اثر متقابل دوگانه در سطح احتمال ۵ درصد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع ذره و غلظت اولیه فسفات بر راندمان جذب در بنتونیت آلی

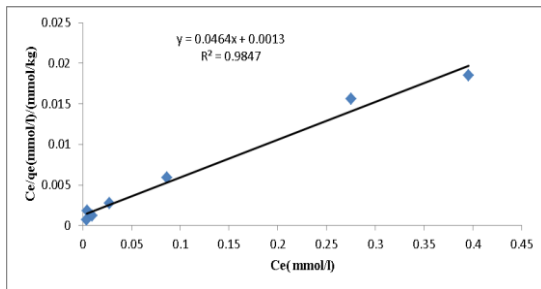
به عبارت دیگر CEC ذرات نانو ۱۷ واحد بیشتر از ذرات میکرو بنتونیت است. در واقع کاهش اندازه، سایت‌های جذب بیشتری در اختیار مواد جذب شونده قرار می‌دهد، این امر باعث افزایش گنجایش جذب مواد می‌گردد (نبی زاده و همکاران، ۱۳۹۱)

جدول ۳ ضریب تبیین و خطای حاصل از بررسی ایزوترم‌های جذب فروندلیچ و لانگمویر را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که نانو ذرات دارای برازش بهتری به هر دو نوع ایزوترم بوده و همانطور که مشاهده می‌گردد ایزوترم جذب سطحی لانگمویر دارای برازش بهتری بر داده‌ها است و ایزوترم فروندلیچ علیرغم داشتن روند مشابه نسبت به ایزوترم لانگمویر کارایی به نسبت کمتری دارا می‌باشد.

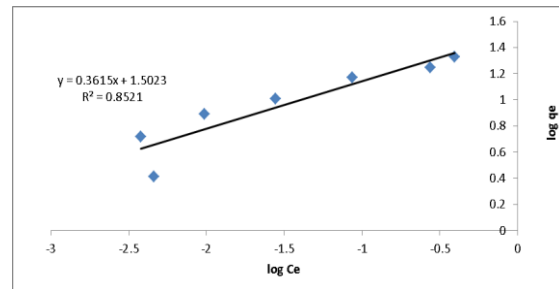
جدول ۳- نتایج بررسی ایزوترم های جذب سطحی فروندلیچ و لانگمویر فسفات

مدل فروندلیچ		مدل لانگمویر		مدل ایزوترم
معادله مدل		معادله مدل		
$qe = KfCe^{\frac{1}{n}}$		$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \left(\frac{1}{kq_m} \times \frac{1}{C_e}\right)$		
MSE	R ²	MSE	R ²	
0.0132	85%	7.08×10^{-7}	98%	Nano
0.0050	73%	2.96×10^{-6}	93%	<75 μ

با توجه به جدول ۳ و بررسی های انجام شده جذب فسفات در نانو ذرات بنتونیت به خوبی از مدل لانگمویر تبعیت دارند. با بررسی و آنالیز بیشتر معادله لانگمویر پارامتر بدون بعد R_L و K_L با استفاده از رابطه ۴ که در آن C_0 غلظت اولیه فسفات بر حسب میلی گرم بر لیتر و b پارامتر ثابت مدل لانگمویر است. پارامتر R_L به عنوان شاخص قابل اطمینان جذب و یا فاکتور جدایی (Separation factor) در نظر گرفته می شود. تغییرات میزان R_L برای غلظت های مختلف اولیه فسفات بین ۰ و ۱ قرار می باشد که نشان دهنده مطلوب بودن شرایط حذف فسفات توسط جاذب تولیدی می باشد. شکل ۲-۳ نمونه ای از مسیر رسم شده از نقاط در ایزوترم لانگمویر که به صورت خطی برازش داده شده است را نشان می دهد.



(۲)



(۱)

شکل ۳- رسم خطی ایزوترم فروندلیچ و لانگمویر جذب فسفات توسط نانوبنتونیت آلی

بررسی بیشتر ایزوترم فروندلیچ و محاسبه ضرایب نشان داد پارامتر $1/n$ بجز در یک مورد بین صفر و یک بوده و نشان دهنده مناسب بودن شرایط جذب می باشد. شکل ۱-۳ برازش خطی نقاط حاصل از بررسی ایزوترم فروندلیچ را نشان می دهد. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج تحقیقات لی (2003)، شیک و همکاران (2011) و اعظم و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق تاثیر غلظت های متفاوت اولیه در جذب فسفات را بیش تر از اندازه ذرات نشان می دهد. با افزایش غلظت اولیه فسفات از ۲۰ به ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، جذب فسفات در بنتونیت آلی در هر دو اندازه ذره، افزایشی است. این در حالی است که راندمان جذب بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد به ترتیب در غلظت های کم تا زیاد فسفات بود. بنابراین جهت حذف فسفات از محیط های آبی ضرورتی به تفکیک ذرات نانوبنتونیت نیست. همچنین نتایج بررسی ایزوترم های جذب نشان می دهد نانو ذرات دارای برازش بهتری به هر دو نوع ایزوترم بوده و ایزوترم جذب سطحی لانگمویر دارای برازش بهتری بر داده ها است.

منابع

احیایی، ع. (۱۳۷۲). شرح و روش های تجزیه شیمیایی خاک. تهران: موسسه تحقیقات خاک و آب تهران.
 اعظم، ن، اسلامیان، س، قیصری، م، و عابدی کوپانی، ج، «کاهش نیترات از محلول های آبی با استفاده از بنتونیت اصلاح شده با سورفکتانت». اولین همایش ملی برنامه ریزی حفاظت، حمایت از محیط زیست و توسعه پایدار، اسفند ۱۳۹۲، همدان، ایران.



ملکوتیان، م.، یوسفی، ن.، و جعفرزاده حقیقی فرد، ن. (۱۳۹۰). مدلسازی ایزوترم و سینتیک جذب فسفات از محلول های آبی با استفاده از کلینپتیلولایت اصلاح شده. آب و فاضلاب، شماره ۴، ۲۱-۲۹.

ملکیان، ر.، عابدی کوپانی، ج.، اسلامیان، س.، س.، و افیونی، م. «فرآیند تبادل آنیونی به منظور حذف نیترات و رهاسازی آن با استفاده از ژئولیت اصلاح شده با سورفکتانت»، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳۹۲، شماره ۶۳، صفحه ۱۱۹-۲۰۲.

مهدوی، ع.، لیاقت، ع.، و شیخ محمدی، ی. (۱۳۹۰). حذف نیترات از زه آب کشاورزی با استفاده از ژئولیت اصلاح شده. مجله پژوهش آب ایران، سال ۵، شماره ۸، ۱۱۷-۱۲۴.

نبی زاده، ر.، محوی، ا.، غدیری، س.، ناصری، س.، مصداقی نیا، ع.، و ابویی مهریزی، ا. (۱۳۹۱). جذب MTBE از محلول های آبی توسط ژئولیت های اصلاح شده با سورفکتانتها. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، سال ۴، شماره ۳، ۴۸۳-۴۹۳. نعمتی شمس آباد، ف.، ترابی گل سفیدی، ح.، و ناجی، ا. (۱۳۹۵). بررسی راندمان جذب و رهاسازی نیترات از محیط های آبی توسط نانو ژئولیت آلی ساخته شده با سورفکتانت کاتیونی هگزادسیل تری متیل آمونیوم بروماید. سومین همایش و نمایشگاه محیط زیست و بحران های پیش رو. تهران: دانشگاه شهید بهشتی

- Alkaram, U. F., Mukhlis, A. A., and Al-Dujaili, A. H. 2009. The removal of phenol from aqueous solutions by adsorption using surfactant-modified bentonite and kaolinite. *Hazardous Materials*, 169, 324-332
- Bedina, S., Oliveiraa, M. F., Vieira, M. G., Andreo dos Santos, O. A., and da Silva, M. C. 2013. Adsorption of Toluene in Batch System in Natural Clay and Organoclay. *Chemical Engineering*, 32, 313-318.
- Bhattacharya, S., and Aadhar, M. 2014. Studies on preparation and analysis of organoclay nano Particles. *Research Journal of Engineering Sciences*, 3(3), 10-16
- Decker, J. J., Meyers, K. P., Paul, D. R., Schiraldi, D. A., Hiltner, A., and Nazarenko, S. 2015. Polyethylene-based nanocomposites containing organoclay: A new approach to enhance gas barrier via multilayer coextrusion and interdiffusion. *Polymer*, 61, 42-54.
- Dixon, J., Amonette, J., Bleam, W., and Schulze, D. 2002. *Soil mineralogy with environment application*. Soil Science Society of America.
- El-Dars, F. M., Hussien, M., and Kandil, A. 2015. TOC Reduction in Drinking Water using Anionic Surfactant Modified Bentonite. *International Journal of Scientific and Engineering Research* 6(3): 584-594
- Gunay, A., Arslankaya, E., and Tosun, I. 2007. Lead removal from aqueous solution by natural and pretreated clinoptilolite: Adsorption equilibrium and kinetics, *Journal of Hazardous Materials*, 146(1-2), 362-371.
- Hrenovic, Rozic, Sekovanic, and An 2008. Interaction of surfactant-modified zeolites and phosphate accumulating bacteria *Journal of Hazardous Materials*. 156, 576-582.
- Jhamnani, B., and Singh, S. 2009. Evaluation of Organoclays for Use in Landfill Liners. *The Open Waste management Journal*, 2, 37-42.
- Kuo, S. 2005. Phosphorus, pp. 869-919. In D. L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods*. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison 53711 USA. Fourth printing.
- Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for particle size separations of soils for x-ray diffraction analysis. *Soil Science*, 96(5): 319-325.
- Li, Z. 2003. Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carrier to control nitrate release. *Micropor. Mesopor. Mat.* 61(1-3): 181-188
- Park, Y., Ayoko, G. A., and Frost, R. L. 2013. Thermal analysis and application of organoclays for water purification. *Australian Regolith and Clays Conference Mildura* pp. 79-82. Queensland: 7-10 February 2012.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation-exchange capacity. pp. 149-157. In A. L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2*. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Schick, J., Caulet, P., Paillaud, Patarin, J., and Callarec, C. 2011. Nitrate sorption from water on a surfactant-modified zeolite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 142 (2): 549-556.



The effect of particle size on phosphate adsorption by modified bentonite from aqueous solutions

F.Nemati ShamsAbad, MSc of Soil Science, Shahed University

H.Torabi Golsefidi, ², Assist. Prof. of Shahed University

and A.MNaji, Assist. Prof. of Shahed University

Abstract

Phosphate is one of the environmental pollutants and its accumulation cause eutrophication phenomenon and place irreversible environmental risks. In this study, phosphate adsorption efficiency and its kinetic was investigated by using organo-bentonite in nano and 75μ size with different levels of initial phosphate concentration. In order to change the surface of bentonite, the hexadecyltrimethylammonium bromide (HDTMA-Br) was used. Adsorption experimental were investigated in 8 levels of initial phosphate concentration. The results showed that the adsorption of phosphate was influenced of two factors by the concentration and particle size. The highest efficiency of phosphate adsorption was in initial concentration of phosphate of 20 to 80 mg/l and between 93% and 100% respectively. Fruenlich and Langmuir adsorption isotherms showed that the Langmuir adsorption isotherm has a better fit to the data and Fruendlich isotherm have less efficiency ratio despite having similar trend to the Langmuir isotherm.

Keywords: organo-bentonite, HDTMA-Br, phosphate adsorption efficiency, adsorption isotherms.