مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ دوره پانزدهم/ پائیز ۸۰/۱۳۸۹-۷۰

حذف فسفات از محیط مایی توسط رزین نانو ذرات آهن (لیواتیت FO36)

لیدا رفعتی[۱]، امیرحسین محوی[۲]، رامین نبی‌زاده[۳]، محمد هادی دهقانی[۳]، کاظم ندافی[۳]

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ایران. (مؤلف مسؤول) تلفن: ۸۸۹۵۴۹۱۴-۰۲۱ ahmahvi@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران. ایران.

چکیده

زمینه و هدف: ورود فسفر به دریاچه‌ها سبب رشد جلبک‌ها و ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون می‌شود. هدف از این مطالعه ایجاد یک روش مناسب، قابل کاربرد و بررسی کارایی رزین نانو ذرات آهن به عنوان یک روش جدید برای حذف فسفات می‌باشد.

روش بررسی: از رزین تبادل‌کننده لیواتیت FO36 در حذف فسفات برای انجام آزمایشات استفاده گردید. کل آزمایشات در ستون بستر ثابت با سرعت جریان ml/min ۹ و زمان تماس بستر خالی min ۲/۱ در ۱۱ مرحله انجام گرفت (۶ مرحله از آزمایشات در غلظتهای ۱تا mg/l۶ راه اندازی شدکه در pH خنثی ۷ تهیه شده‌اند). در مرحله دوم، عملیات احیاء رزین توسط ترکیبی از محلولهای NaOH و NaCl صورت گرفت، سپس تأثیرآنیونهای رقابت کننده کلراید، سولفات، بی‌کربنات و ترکیب کل آنیونهای مذکور بر عملکرد رزین مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت کارایی رزین در حذف فسفات بر روی نمونه پساب تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران انجام شد و داده‌ها در نرم افزار SPSS ۱۳ مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها: ظرفیت جذب برای غلظتهای ۱ تا ۶ mg/l فسفات بترتیب ۱/۳۱، ۱/۳۵، ۱/۵۳، ۱/۶۴، ۱/۷ و ۱/۷۵ mg به ازاء هر گرم رزین محاسبه گردید و ظرفیت جذب رزین بعد از عملیات احیا برای غلظت ۶ mg/l فسفات محاسبه شد که با ۸/۵٪ کاهش به ۱/۶ mg به ازاء هر گرم رسید.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان دادکه با افزایش غلظت فسفات ظرفیت جذب رزین افزایش یافت و همچنین یونهای کلراید، سولفات، بی‌کربنات و مجموع آنیونهای مذکور تأثیری بر عملکرد رزین در حذف فسفات نداشتند.

کلید واژه‌ها: حذف فسفات، لیواتیت FO36، آنیونهای رقابت‌کننده، جذب

وصول مقاله: ۸۹/۱/۳۰ اصلاحیه نهایی: ۸۹/۴/۹ پذیرش مقاله: ۸۹/۴/۱۳

مقدمه

فسفات یکی از اصلی‌ترین مواد برای کارخانجات و صنایع است که به میزان خیلی زیادی در ساخت کودها، دترجنت‌ها، نرم کننده‌های آب و فراورده‌های غذایی و نوشیدنی و دیگر فرایندهایی که پایه اصلی آنها فسفات است به کار می‌رود (۱). اکثر کشورها در دنیا به فسفات بعنوان یک ماده اولیه برای استفاده در پروسه‌های صنعتی خود وابسته هستند (۱). فسفات در اثر کاربردهای بهداشتی گوناگون ناشی از فعالیت انسان وارد آب می‌شود و در نهایت این آنیون در اثر نشست از طریق مواد معدنی و یا سنگهای معادن در پروسه‌های طبیعی، تجزیه محصولات پاک کننده، فاضلاب صنایع و به عنوان یک عنصر مهم در فاضلاب خانگی به آبهای زیر زمینی و یا آبهای سطحی وارد می‌شود (۲). فسفر به عنوان ماده ضروری برای رشد گیاهان در خاک و به عنوان عنصر محدودکننده در رشد جلبک‌ها و ایجاد اوتریفیکاسیون در پیکره آبهای سطحی نقش مهمی دارد (۳). برای بوجود آمدن پدیده اوتریفیکاسیون غلظت

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

۰/۰۰۵ تا ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر فسفات بر حسب فسفر مورد نیاز است (۴). استاندارد فسفات در آبهای آشامیدنی ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده (۵) و استاندارد تخلیه پساب به آبهای سطحی برابر ۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (۶). پروسه‌های مختلفی برای حذف فسفات از محیط‌های مایی وجود دارد از جمله ترسیب شیمیایی (۸ و۷) جذب (۱۰و۹) روشهای بیولوژیکی (۱۲و۱۱) کریستالیزاسیون (۱۳) و اسمز معکوس (۱۴)، که اکثر روشهای فیزیکی از جمله اسمز معکوس گران هستند (۱۴) و با استفاده از روشهای بیولوژیکی درصد حذف فسفات بیشتر است (۱۵) اما روش شیمیایی به عنوان کامل‌کننده و برای وضعیت‌های قابل اجرا مورد نیاز است (۱۶). در این بین این روش ترسیب شیمیایی با آهن، آلوم، آهک و منیزیم از رایج‌ترین روشها برای حذف فسفات از فاضلاب‌اند (۱۷). فرایند جذب یک روش مناسب برای حذف فسفات از محیط‌های مایی است که ظرفیت جذب مواد با استفاده از فعال سازی سطح افزایش می‌یابد (۱۹و۱۸). امروزه استفاده از رزین-های شلاتینگ، روند رو به افزایش دارد و بدلیل داشتن ظرفیت بالای جذب، پایداری و قابلیت انتخابی بودن از آنها در حذف عناصر استفاده می‌گردد (۲۱و۲۰). این رزین‌ها ساختار پلیمری دارند و با گروههای عمل‌کننده که قدرت انتخاب یونها را دارند کمپلکس تشکیل می-دهند (۲۵- ۲۲). رزین Lewatit FO36 از جمله رزین-هایی است با ساختار پلی استایرن که همانند جؤتیت با گروههای سطحی FeO(OH) پوشش داده شده است (۲۶) این کار برای از بین بردن افت فشارهای بالا در هنگام استفاده از نانو ذرات در ستون‌های بستر ثابت یا هر سیستم مشابه به کار می‌رود (۲۷). مطالعات نشان می‌دهد که نانو ذراتی چون آهن، آلومینیوم، زیرکونیم، تیتانیم قادر به حذف فسفات می‌باشند (۲۹و۲۸). اکسی هیدروکسی‌های آهن به صورت فری هیدرات‌ها هستند و به صورت طبیعی به اشکال ۲ و یا ۳ ظرفیتی وجود دارند که از قبیل: آکاجنیت، هماتیت و جؤتیت وجود دارند. در این مطالعه عملکرد نوعی رزین جاذب Lewatit FO36 که بانانو ذرات اکسی هیدروکسی‌های آهن پوشش داده شده است را در حذف فسفات از محیط‌های آبی با استفاده از تکنیک پیوسته، بررسی کرده‌ایم سپس حضور آنیون‌های کلراید، سولفات، بی‌کربنات و مجموع کل آنیون‌های مذکور را در حضور یون فسفات مورد بررسی قرار دادیم و از تکنیک اسپکتروفتومتریک غلظت فسفات را با استفاده از مولیبدات وانادات تعیین کردیم. این مطالعه از فروردین ماه ۱۳۸۸ لغایت آذر ماه ۱۳۸۸ در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گردید.

روش بررسی

در این مطالعه که از مطالعات تجربی- کاربردی است و از رزین لیواتیت FO36 که از شرکت Laxness آلمان خریداری گردید برای کلیه آزمایشات و راه اندازی ستون مورد استفاده قرار گرفت. این رزین، نوعی جاذب جدید است که ترکیبی از رزین آنیونی پلیمری و اکسیدهای آهن با ساختار جوئتیت (α-FeOOH) دارد. منافذ این رزین آنیونی ضعیف با پروسه‌ها و فرآیندهای خاص توسط اکسیدهای آهن در مقیاس نانومتر پوشش داده شده‌اند. این لایه نازک و بسیار فعال اکسیدهای آهن به صورت انتخابی عمل کرده و فسفات را از محیط آبی حذف می‌نماید. ساختار پلی‌استایرن رزین به این ماده، پایداری مکانیکی بالا و شکل‌پذیری خاصی می‌دهد. به دلیل یکنواختی

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

اندازه‌های ذرات رزین، هنگام استفاده از آن به صورت فیلتر، مایع به صورت جریانی یکنواخت از رزین عبور می‌کند و میزان انرژی پمپ برای بهره‌برداری یکسان به دلیل شکل یکنواخت (هموژن) ذرات کاهش می‌یابد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی رزین در جدول (۱) آورده شده است.

برای تهیه محلول استوک فسفات طبق کتاب استاندارد متد دستورالعمل شماره ۴۵۰۰-P (۳۰) از نمک کاملاً محلول پتاسیم هیدروژن فسفات (KH_2PO_4) به صورت روزانه و با استفاده از آب مقطر دو بار تقطیر، استفاده گردید و سپس محلولهای فسفات در غلظت‌های مشخص ۱ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر به صورت جداگانه در ظروف ۱ لیتری از محلول استوک فسفات تهیه شد و برای حضور آنیونها، محلول‌های ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر کلراید از نمک کلرور سدیم، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بی‌کربنات از نمک بی‌کربنات سدیم و ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات از نمک سولفات سدیم با رقیق سازی محلولهای استوک تهیه گردید. PH اولیه کلیه محلولهای تهیه شده برای آزمایشات توسط NaOH و HCL نرمال در حدود ۷ تنظیم گردید. آزمایشات در ستونهای بستر ثابت با قطر ۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و با سرعت جریان ۹ میلی‌لیتر در دقیقه که بر اساس معادله شماره ۱ باعث ایجاد یک زمان تماس بستر خالی ۲/۱ دقیقه‌ای می‌گردد، انجام شد.

معادله شماره ۱:

$$Vempty=19.6 \quad Q=\frac{9ml}{\min}\rightarrow EBCT=\frac{V_{empty}}{Q}=\frac{19.6}{9}=2.1 \text{ min}$$

ستون (شکل ۱ ب) با مقدار ۲ گرم رزین که حجمی معادل ۱/۶ میلی‌لیتر از ستون را اشغال می‌کند پر شده، به منظور جلوگیری از خروج رزین از ستون، انتهای ستون توسط پشم شیشه پوشانده شد و برای تنظیم دبی جریان از یک شناور استفاده گردید، نمای کلی پایلوت (شکل ۱ الف). در این مطالعه ۱۱ ستون به صورت مجزا راه اندازی گردید، در ابتدا ستون در ۶ مرحله و به طور مجزا برای غلظت‌های ۱ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر راه اندازی شد و در مرحله بعد غلظت ۶ میلی‌گرم بر لیتر برای احیاء رزین در نظر گرفته شد، سپس ۴ مرحله در حضور یونهای کلراید، بی‌کربنات، سولفات و مجموع آنیونها راه اندازی و بعد از این مراحل برای نمونه پساب تصفیه خانه شهرک قدس تهران، ستون راه اندازی گردید. در ۶ مرحله اول برای تعیین ظرفیت جذب رزین محلول فسفات را از بستر رزین عبور داده و نمونه برداری تا رسیدن غلظت خروجی به غلظت اولیه ۶-۱ میلی‌گرم بر لیتر که بصورت جداگانه راه اندازی شد، ادامه یافت. برای محاسبه ظرفیت جذب رزین از نرم افزارData Studio استفاده شد. در مرحله بعد که برای انجام عملیات احیاء رزین، ستون راه اندازی گردید، رزینی را که غلظت ۶ میلی‌گرم بر لیتر فسفات را از آن عبور دادیم برای عملیات احیاء در نظر گرفته و عملیات احیاء رزین را با کمک محلولهای کلرور سدیم و هیدروکسید سدیم به نسبت وزنی ۱:۱ انجام گردید و مجدداً غلظت ۶ میلی‌گرم بر لیتر را از رزین اشباع شده عبور دادیم. داده‌ها توسط نرم افزار Data Studio مورد تحلیل قرار گرفت.

برای حضور آنیونهای رقابت کننده در حضور یون فسفات، غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر فسفات را به صورت جداگانه در حضور آنیونهای کلراید، بی‌کربنات، سولفات و سپس مجموع کل آنیونهای مذکور مورد بررسی قرار داده شد و برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار اکسل استفاده شد و در نهایت نمونه پساب تصفیه خانه

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

شهرک قدس تهران که میزان فسفات آن ۳ میلی‌گرم بر لیتر بود مورد بررسی قرار گرفت. میزان فسفات توسط دستگاه اسپکترو فتومتر مدل SHIMUDZU – UV 1700 و در محدوده ۴۲۰ نانومتر توسط معرف مولیبدات وانادیم بر اساس کتاب استاندارد متد اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌ها توسط دستگاه pH سنج Methrom مدل E 520 مورد سنجش واقع شد. به دلیل اینکه آزمایشات به صورت دینامیک انجام شد و نمونه‌برداری تا رسیدن به نقطه اشباع ادامه یافت، تعداد دقیق نمونه‌ها در حین آزمایش مشخص و بر اساس حجم بستر محاسبه گردید. تعداد کل نمونه‌های انجام شده در این مطالعه بر اساس حجم بستر ۱۷۶ نمونه بود.

یافته‌ها

محاسبه ظرفیت جذب رزین:

(غلظت ۱ میلی‌گرم بر لیتر فسفات): میزان ۴/۷۲۵ لیتر آب مقطر حاوی ۱ میلی‌گرم بر لیتر فسفات از ستون عبور داده شد و نمونه‌برداری تا رسیدن غلظت فسفات به غلظت ورودی ۱ میلی‌گرم بر لیتر ادامه پیدا کرد نمودار ۱ (typically) سطح زیر منحنی مقدار فسفاتی را نشان می‌دهد که توسط رزین جذب نشده و از ستون عبور کرده، بنابراین از کل فسفات وارد شده به ستون ۲/۶۲۷ میلی‌گرم آن جذب ۲ گرم رزین شده است که ظرفیت جذب برای هر گرم رزین ۱/۳۱ میلی‌گرم می‌باشد. برای غلظت‌های ۲ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب ۱/۳۵، ۱/۵۳، ۱/۶۴، ۱/۷ و ۱/۷۵ میلی‌گرم به ازای هر گرم رزین بدست آمد. آنالیز آماری رگرسیون خطی برای ۶ غلظت مجزا بدست آورده شد.

محاسبه ظرفیت جذب رزین پس از عملیات احیاء:

پس از عملیات احیاء و عبورغلظت ۶ میلی‌گرم بر لیتر از ستون حاوی رزین احیا شده ظرفیت جذب رزین توسط نرم افزار Data Studio محاسبه گردید (نمودار ۲)، ظرفیت رزین با ۸/۵٪ کاهش به ۱/۶ میلی‌گرم به ازاء هر گرم رزین رسید.

تأثیر آنیونهای رقابت کننده:

آنیون کلراید:

نمودار (۳) رفتار جذب فسفات در حضور یون کلراید را نمایش می‌دهد. در حضور یون کلراید برای رسیدن غلظت فسفات به میزان ۳ میلی‌گرم بر لیتر بعد از ۱۳۷۵ BVsحجم بستر آب رخ می‌دهد و در حالت عدم حضور یون کلراید در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر میزان ۲۹۵۰ BVs حجم بستر بدست آمد. بر اساس آنالیز Two-Sample T Test میزان p=۰/۸۵ برای مقایسه قبل و بعد از مداخله آنیون کلراید بدست آمد.

آنیون بی‌کربنات:

نمودار (۴) رفتار جذب فسفات در حضور یون بی‌کربنات را نمایش می‌دهد. در حضور یون بی‌کربنات برای رسیدن غلظت فسفات به میزان ۳ میلی‌گرم بر لیتر بعد از ۱۲۸۱/۲۵ BVs حجم بستر آب رخ می‌دهد و در حالت عدم حضور یون بی‌کربنات در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر میزان ۲۹۵۰ BVs حجم بستر بدست آمد. بر اساس آنالیز Two-Sample T Test میزان p=۰/۸۸ برای مقایسه قبل و بعد از مداخله آنیون بی‌کربنات بدست آمد.

آنیون سولفات:

نمودار (۵) رفتار جذب فسفات در حضور یون سولفات را نمایش می‌دهد. در حضور یون سولفات برای رسیدن فسفات به میزان ۳ میلی‌گرم بر لیتر بعد از ۱۴۶۸/۷۵ BVs حجم بستر آب رخ می‌دهد و در حالت عدم حضور یون سولفات در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر میزان ۲۹۵۰ BVs حجم بستر بدست آمد. بر اساس

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

آنالیز Two-Sample T Test میزان p=۰/۸۸ برای مقایسه قبل و بعد از مداخله آنیون سولفات بدست آمد.

مجموع آنیونها (کلراید، بی‌کربنات ، سولفات):

نمودار (۶) رفتار جذب فسفات در حضور مجموع آنیونها را نمایش می‌دهد. در حضور مجموع آنیونها برای رسیدن فسفات به میزان ۳ میلی‌گرم بر لیتر بعد از ۲۹۵۰BVs حجم بستر آب رخ می‌دهد و در حالت عدم حضور یون سولفات در غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر میزان ۱۰۹۳/۷۵ BVs حجم بستر بدست آمد. بر اساس آنالیز Two-Sample T Test میزان۰/۸۹=p، برای مقایسه قبل و بعد از مداخله مجموع آنیونها بدست آمد.

نمونه پساب تصفیه خانه شهرک قدس تهران

نمودار (۷) رفتار رزین بر روی نمونه پساب تصفیه‌خانه شهرک قدس تهران را به نمایش می‌گذارد. مقایسه آن با غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر نمونه سنتتیک نشان داد میزان آب عبوری از بستر رزین برای رسیدن به غلظت اولیه ۳ میلی‌گرم بر لیتر به BVS ۱۱۸۷/۵ کاهش می‌یابد.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و شیمیایی لیواتیت FO 36

ضریب یکنواختی	۱/۱
دانسیته	۱/۲۵ g/ml
دانسیته حجمی	۰/۷۶۵ g/L
pH فعالیت	۴-۱۴
pH بهینه راهبری	۴-۱۱
گستره دمایی فعالیت	۴۰+ تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد
حداکثر مدت زمان نگهداری در انبار	۲ سال
ظرفیت کل جذب	≥ ۴۰ min.g/L
نحوه احیاء	NaOH+NaCl (نسبت ۱ به ۱)



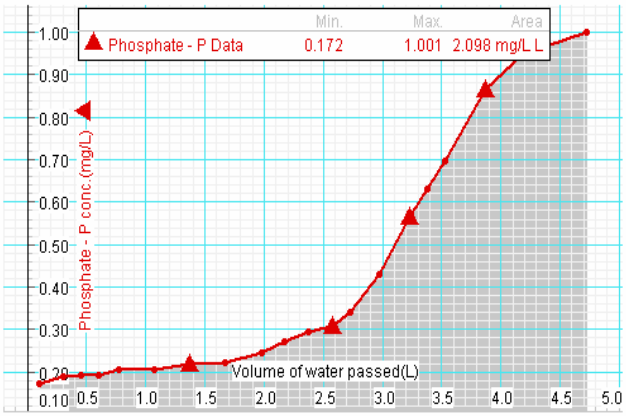
الف

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

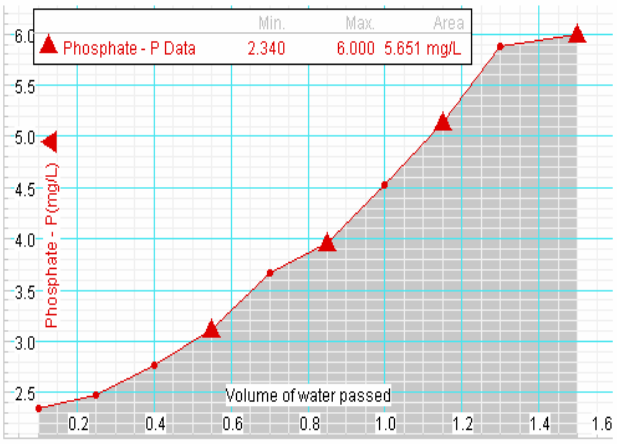


ب

تصویر ۱: الف - نمای کلی پایلوت ب- ستون حاوی رزین

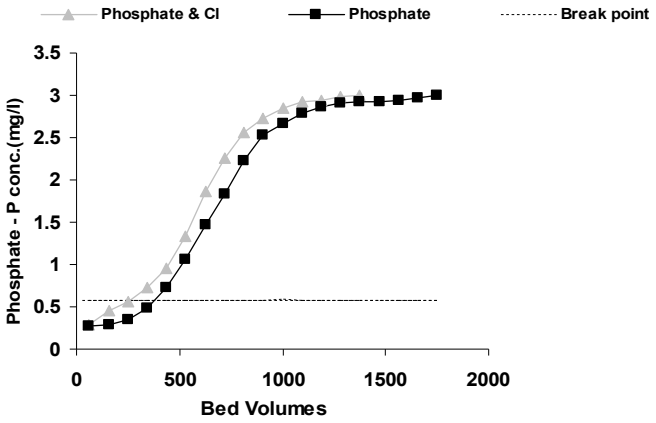


نمودار ۱: نتایج حاصل از ظرفیت جذب رزین توسط نرم افزار Data studio،
غلظت فسفات ۱ mg/l (typically)

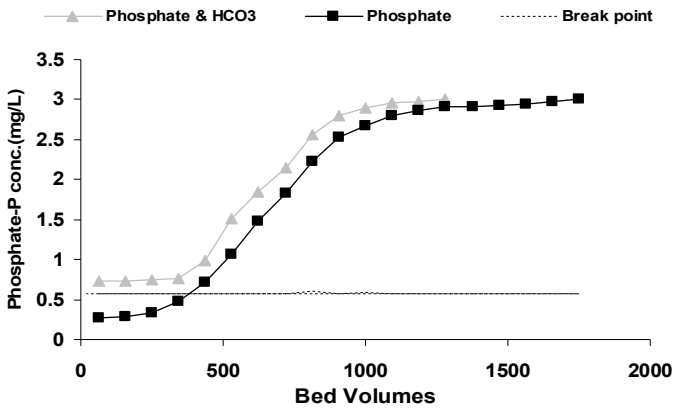


نمودار ۲: نتایج حاصل از ظرفیت جذب رزین پس از احیاء توسط نرم افزار DataStudio

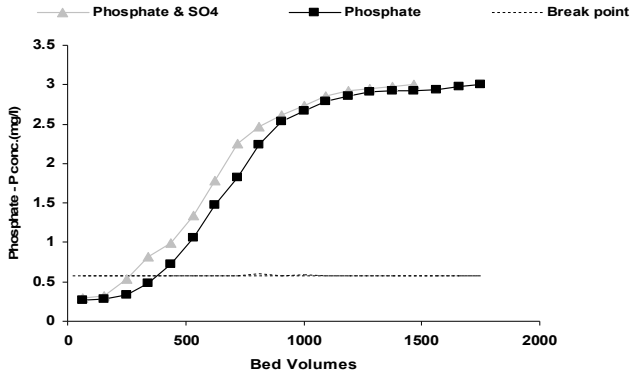
[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]



نمودار ۳: نتایج حاصل از تأثیر یون کلراید بر عملکرد رزین در حذف فسفات
(غلظت فسفات mg/l ۳، کلراید: ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان تماس بستر خالی: min ۲/۱)

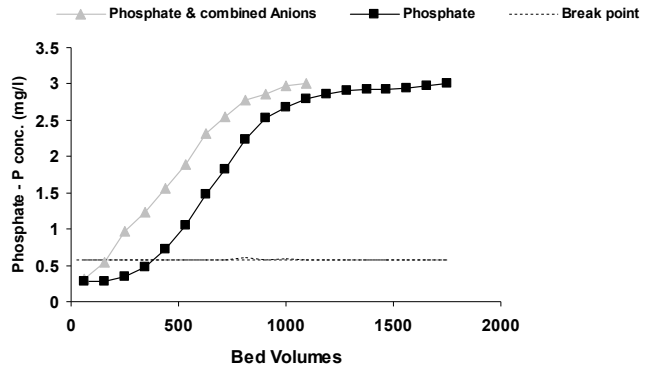


نمودار ۴: نتایج حاصل ازتأثیر یون بی‌کربنات بر عملکرد رزین در حذف فسفات
غلظت فسفات mg/l ۳، بی‌کربنات = ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان تماس بستر خالی = min ۲/۱)

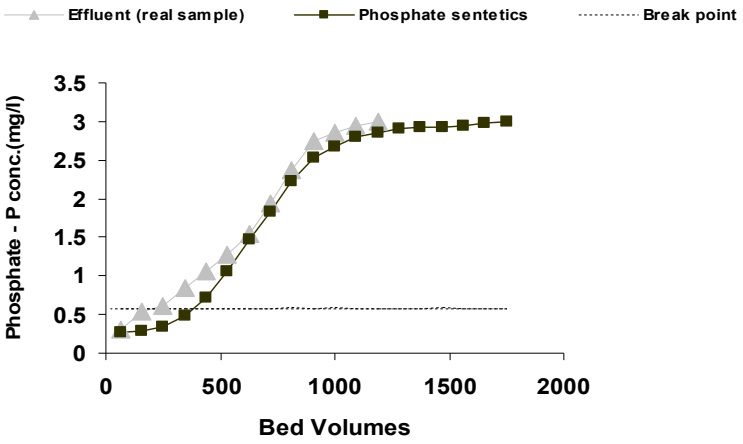


نمودار ۵: نتایج حاصل ازتأثیر یون سولفات بر عملکرد رزین در حذف فسفات
(غلظت فسفات mg/l ۳، سولفات: ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان تماس بستر خالی: ۲/۱ دقیقه)

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]



نمودار ۶: نتایج حاصل از تأثیر ترکیب کل آنیون‌ها بر عملکرد رزین در حذف فسفات (فسفات = ۳ میلی‌گرم بر لیتر، کلراید = ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات = ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر، بی‌کربنات = ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر زمان تماس بستر خالی = ۲/۱ دقیقه)



نمودار ۷: نتایج حاصل از پساب تصفیه خانه شهرک قدس تهران
(فسفات = ۳ میلی‌گرم بر لیتر، کلراید = ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر، سولفات = ۶۲ میلی‌گرم بر لیتر، بی‌کربنات = ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان تماس بستر خالی = ۲/۱ min)

بحث

بر اساس نمودار ۱ فرایند جذب یک فرآیند تعادلی است، طبق اصل لوشاتولیه تغییر در هر یک از شرایطی که معین‌کننده حالت یک سیستم در حال تعادل است موجب می‌شود که وضع تعادل تغییر کند، این تغییر وضع به طریقی صورت می‌گیرد که تغییر بوجود آمده در شرایط سیستم را بی‌اثر سازد و با اعمال نیرویی بر یک طرف واکنش، واکنش به سمت دیگر تمایل پیدا می‌کند، از این رو با افزایش غلظت مثلاً جذب شونده تعادل به هم می‌خورد و در سیستم واکنش صورت می‌گیرد تا حالت تعادل تازه‌ای برقرار شود، واکنش مستقیم به سمت تعدیل آنها و جذب بیشتر پیش خواهد

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

رفت و در یک حد از غلظت سیستم به جایی می‌رسد که جایی ندارد و به نقطه اشباع می‌رسد. با توجه به ظرفیتهای جذب بدست آمده برای ۶ غلظت اولیه فسفات نشان داده شد که با افزایش غلظت، میزان جذب افزایش می‌یابد.

همانطور که از نمودار ۲ مشاهده می‌گردد فرایند احیاء، باعث کاهش توانایی جذب رزین می‌شود و به تبعیت از آن میزان جذب فسفات کاهش می‌یابد. میزان تجمع فسفات بر روی رزین برای بار اول برابر (mg/g ۱/۷۵) که پس از احیاء به (mg/g ۱/۶) می‌رسد که نشان دهنده کاهش به میزان ۸/۵ درصد می‌باشد. بر اساس مطالعه Genz و همکاران در سال ۲۰۰۴ احیاء جاذب گرانولهای اکسید آهن که دارای ساختاری مشابه با رزین مورد استفاده در این تحقیق است و توسط محلول سود سوزآور احیاء گردید را بسیار مؤثر دانستند (۳۱). Blaney و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که تا ۹۰٪ از ظرفیت بستر رزین جاذب تعویض یونی هیبریدی که دارای ساختاری مشابه با رزین مورد استفاده در این تحقیق است، توسط محلول سود سوزآور و سدیم کلراید احیاء گردید (۳۲).

نمودارهای ۳ الی ۶ نشان می‌دهند که آنیونهای کلراید، بی‌کربنات، سولفات و مجموع آنیونها، تأثیری بر روی عملکرد رزین در حذف فسفات نخواهد داشت که این امر حاکی از آن است در محیط‌های رقابت‌کننده با آنیون‌ها، گرایش رزین به آنیون فسفات نسبت به سایر آنیونهای رقابت کننده بیشتر است و به این دلیل در رقابت با فسفات، آنیونهای مداخله‌گر تأثیری بر جذب فسفات نداشتند.

بر اساس تحقیقات Blaney و همکاران در سال ۲۰۰۷ که بر روی رزین تعویض یونی هیبریدی (HAIX)[1] انجام دادند آنیونهای رقابت‌کننده سولفات، کلراید و بی‌کربنات تأثیری بر عملکرد جذب فسفات نداشتند (۳۲). همچنین Jeanine و همکاران در سال ۱۹۹۷ مقایسه‌ای جهت فسفات و سولفات بر روی جوئتیت داشتند. این مطالعه نشان داد که یون سولفات تأثیری در جذب فسفات بر روی جوئتیت ندارد (۳۳).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده توسط این مطالعه تصفیه محلولهای حاوی فسفات توسط لیواتیت FO36 می‌تواند یک گزینه مناسب برای حذف فسفات باشد چرا که جاذب مورد نظر دارای قابلیت احیاء و استفاده مجدد می‌باشد. بر اساس آنالیز آماری بر روی ۶ غلظت اولیه ۱ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر فسفات برای ظرفیت جذب رزین و بدست آوردن p=۰/۰۴، ارتباط سطح غلظت با میزان جذب رزین نشان داد که با افزایش غلظت، میزان جذب رزین افزایش می‌یابد و نیز با توجه به آنالیز آماری، آنیونهای مداخله‌گر تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی حذف فسفات نداشتند.

قابلیت احیاء پذیری رزین مورد نظر، توانایی استفاده مجدد از آن را تصدیق خواهد کرد و انجام یا عدم انجام عملیات احیاء بستگی به محل کاربرد آن و مسائل اقتصادی دارد، اما لازم به ذکر است که استفاده از عملیات احیاء در سیستم‌های کوچک مقرون به صرفه نخواهد بود. هر چند که توصیه می‌شود یک مطالعه در مقیاس راهنما در این زمینه انجام شود و برآورد هزینه تصفیه ۱ متر مکعب محلول حاوی فسفات از لحاظ فنی و اقتصادی تهیه و سپس در مورد استفاده از این جاذب تصمیم‌گیری شود.

1. Hybrid anion exchanger

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

تشکر و قدردانی

کلیه حمایتهای فنی و مالی این مطالعه از سوی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران تامین شده است.

References

1. Hrioyuki Y, Wilmer AG. Equilibria for adsorption of phosphates on OH-Type strongly basic ion exchanger. Aiche Journal 2002; 48: 2193-2202.
2. McGhee Terence J. Water supply and sewerage. Singapore: McGraw-Hill, 1991. p. 70-75.
3. Antelo J, Avena M, Fiol S, Lopez R, Arce F. Effects of pH and ionic strength on the adsorption of phosphate and arsenate at the goethite-water interface. Journal of Colloid and Interface Sience 2005; 285: 476-486.
4. United Nations Environment Program. Water quality monitoring. 2nd ed. New York: Chapman &Hall, 1996. p. 12-14.
5. Chapra SC. Surface water-quality modeling. 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill. 1997. p. 83.
6. Park JK. Wastewater characterization for evaluation of biological phosphorus removal. Wisconsin department of natural resources. Research Report 1994; 174: 29.
7. Penetra RG, Reali M A P, Foresti E, Campos J.R. Post-treatment of effluents from anaerobic reactor treating domestic sewage by dissolved-air flotation. Water Sci Technol 1999; 40: 137-143.
8. Ruixia L, Jinlong G, Hongxiao TJ. Adsorption of fluoride, phosphate, and arsenate ions on a new type of ion exchange fiber. J Colloid Interface Sci 2002; 248: 268-274.
9. Ugurlu A, Salman B. Phosphorus removal by fly ash. Environ Int 1998; 24: 911-918.
10. Chitrakar R, Tezuka S, Sonoda A, Sakane K, Ooi K, Hirotsu T. Selective adsorption of phosphate from seawater and wastewater by amorphous Zirconium hydroxide. J Colloid Interface Sci 2006; 297: 426-433.
11. Patureau D, Helloin E, Rustrian E, Bouchez T, Delgenes J P, Moletta R. Combined phosphate and nitrogen removal in a sequencing batch reactor using the aerobic denitrifier, microvirgula aerodenitrificans Water Res 2001; 35:189-197.
12. Gieseke A, Arnz P, Amann R, Schramm A. Simultaneous P and N removal in a sequencing batch biofilm reactor: insights from reactor and microscale investigations. Water Res 2002; 6: 501-509.
13. Eggers E, Dirkzwager A H, Van der Honing H. Full-scale experiences with phosphate crystallisation in a crystalactor. Ter Sci Technol 1991; 4: 333-334
14. Adin A. Soffer Y, Ben Aim R. Effluent pretreatment by iron coagulation applying various dose-pH combinations for optimum particle separation. Water Sci Technol 1998; 38: 27-34.
15. Blouin GM, Rindt DW, Moore O E. Sulfurcoated fertilizers for controlled release: pilot plant production. J Agric Food Chem 1971; 9: 801-808.
16. de-Bashan L E, Bashan Y. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997-2003). Water Res 2004; 38: 4222-4246.
17. Erik H. Stability constants of metal-ion complexes part A: Inorganic Ligands. 1nd ed. Pergamon Press: Oxford, 1982. p. 128.
18. Namasivayam C, Sangeetha D. Equilibrium and kinetic studies of adsorption of phosphate onto ZnCl2 activated coir pith carbon. J Colloid Interface Sci 2004; 80: 359-365.
19. Kasama T, Watanabe Y, Yamada H, Murakami T. Sorption of phosphates on Al-pillared smectites and mica at acidic to neutral pH. Appl Clay Sci 2004; 5: 67-177.
20. Zhang C, Li X, Ng J. Synthesis and adsorption properties of magnetic resin microbeads with amine and mercaptan as chelating groups. Journal of Applied Polymer Science 2001; 82: 1587-92.
21. Cumbal L, Greenleaf J, Leun D, SenGupta AK. Polymer supported inorganic nanoparticles: characterization and environmental applications. Reactive and Functional Polymers 2003; 4: 167-80.
22. Reddy KH, Reddy AR. Removal of heavy metal ions using the chelating polymers derived by the condensation of poly (3-hydroxy-4-acetylphenyl methacrylate) with different diamines. Journal of Applied Polymer Science 2003; 8: 414-21.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]

23. Jeon C, Holl WH. Chemical modification of chitosan and equilibrium study for mercury ion removal. Water Research 2003; 37: 4770-80.
24. Llosa Tanco MA, Pacheco Tanaka DA, Flores VC, Nagase T, Suzuki TM. Preparation of porous chelating resin containing linear polymer ligand and the adsorption characteristics for harmful metal ions. Reactive and Functional Polymers 2002; 53: 91-101.
25. rafati L, Asgari AA, Hosini SS, Mhvi AH. Evaluating the performance of iron nano particle resin (Lewatit FO36) in removing Cr (VI) from aqueous solutions. Int J Environ Sci Tech 2010; 7: 147-156.
26. Antelo J, Avena M, Fiol S, Lopez R, Arce F. Effects of pH and ionic strength on the adsorption of phosphate and arsenate at the goethite–water interface. Journal of Colloid and Interface Science 2005; 285: 476-486.
27. Habuda S, Kalajdi B, Kule M, Veli N. Arsenite and arsenate sorption by hydrous ferric oxide/polymeric material. Desalination 2008; 229: 1-9.
28. Honglei L, Chengqing Y, Chun H. Removal of phosphate by mesoporous ZrO2. Journal of Hazardous Materials 2008; 151: 616-622.
29. Cundy AB, Hopkinson L, Whitby RLD. Use of iron-based technologies in contaminated land and groundwater remediation: A review. Science of the Total Environment 2008; 400: 42-51.
30. Apha, Awwa and Wpcf: Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 20th ed. American Public Health Association. Washington D.C, 2005. p. 4-111
31. Genz A, kornmuller A, Jekel M. Advanced phosphorus removal from membrane filtrates by adsorption on activated aluminium oxide and granulated ferric hydroxide. Water Research. 2004; 38: 3523-3530.
32. Blaney Lee M, Cinar S, SenGupta Arup K. Hybrid anion exchanger for trace phosphate removal from water and wastewater. Water Research 2007; 41: 1603-1613.
33. Jeanine S, Geelhoed Tjisse, Hiemstra, Van Riemsdijk WH. Phosphate and sulfate adsorption on goethite: Single anion and competitive adsorption. Geochimica et Cosmochimica Acta 1997; 61: 2389-2396.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-20]