

## تهیه ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II) به عنوان جاذب کارآمد برای حذف رنگ آنیونی از محلول آبی

فاطمه آبسالان، مریم موحدی\*، ناهید رسولی

دانشکده شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۳ تاریخ تصحیح: ۹۷/۰۹/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۱۲

### چکیده

در این پژوهش ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II) تهیه شد. نمونه توسط روش های دستگاهی پراش اشعه ایکس (XRD)، طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به اسپکتروسکوپی پراکندگی انرژی اشعه ایکس (EDX) و اسپکتروسکوپی نشری پلاسمای جفت شده القائی (ICP) شناسائی شد. کارائی نمونه به عنوان جاذب برای حذف رنگ های آنیونی و کاتیونی متیل اورنژ، کنگورد، متیلن بلو و مخلوط رنگ های متیلن بلو و متیل اورنژ از محلول آبی بررسی شد. علاوه بر این کارائی این نمونه با نمونه ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> مقایسه شد. مدل های سینتیکی شبه مرتبه ی اول و شبه مرتبه ی دوم امتحان شد. نتایج نشان داد که نمونه ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II) یک انتخاب امیدبخش برای حذف رنگ آنیونی متیل اورنژ از پساب است.

کلمات کلیدی: جاذب، حذف رنگ آنیونی، ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II).

### ۱- مقدمه

مهمترین آلودگی آبها عمدتاً به علت وجود آلاینده های سمی از قبیل فلزات سنگین و رنگ های آلی است. در سال های اخیر با توجه به افزایش سریع صنایع در جهان، تخلیه ی عظیم فاضلاب ها موجب اثرات نامطلوب در اکوسیستم و سلامت انسان شده است. بسیاری از رنگ های کاتیونی و آنیونی آلی بسیار پایدارند و بنابراین به راحتی قابل تجزیه نیستند. دفع این رنگ های خطرناک بدون هیچگونه پیش درمان می تواند اثرات مضر و ناسازگار بر محیط زیست، انسان و حیوانات داشته باشد. اکثر رنگ ها و محصولات تخریب شده ی آنها مانند آمین ها بسیار سمی، سرطان زا و موتاژنیک هستند. استفاده از جاذب برای تصفیه ی پساب های صنعتی و کاهش آلاینده ها یکی از شیوه های تصفیه فاضلاب است. امروزه مواد بر پایه کربنی، فلزات نجیب، مخلوط اکسیدهای فلزی، اسپینل فریت ها، کامپوزیت های پلیمری و انواع خاک های معدنی به عنوان جاذب گزارش شده است [۱-۱۲].

هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای (LDH) دسته‌ای از ترکیبات شبه هیدروتالسیتی است که به عنوان رس‌های آنیونی شناخته شده‌اند که در آن کاتیون‌های فلزی با اعداد اکسایش (+۲) و (+۳) و نیز آنیون‌های بین لایه‌ای برای به تعادل رساندن بار کلی ساختار وجود دارد. هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای با فرمول عمومی  $[M_{1-x}^{2+} M_x^{3+} (OH)_2]^{x+} (A^{n-})_{x/n} \cdot nH_2O$  نشان داده می‌شود که در آن  $M^{2+}$  و  $M^{3+}$  به ترتیب کاتیون‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی، X نسبت مولی  $M^{3+}/(M^{2+}+M^{3+})$  و A آنیون بین لایه‌ای با ظرفیت n است. مولکول‌های آب در طی فرآیند سنتز عمدتاً بین لایه‌های هیدروکسید قرار می‌گیرند غالباً این دسته از ترکیبات برای حذف آلاینده از پساب از مکانیسم جذب و تبادل یونی استفاده می‌کنند. جذب آلاینده توسط این ترکیبات کارآمد، مقرون به صرفه و غیر سمی است. تا کنون کامپوزیت‌های متنوعی از ترکیبات هیدروکسیدهای دوگانه لایه‌ای گزارش شده است که بهبود قابل توجهی در عملکرد جذب نشان می‌دهند [۱۳-۱۵]. مکانیسم جذب انواع مختلف آلاینده بر روی LDH‌های هیبریدی غالباً به نوع مواد هیبرید شده (جاذب) و آلاینده (جذب شونده) بستگی دارد. کلسینه کردن این خاک‌های آنیونی در دمای بین ۲۵۰-۷۵۰°C منجر به تشکیل اکسیدهای فلزی مخلوط با خواص ویژه می‌شود [۱۶-۱۸]. در این تحقیق نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> و نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) از هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ZnAl-LDH تهیه و توسط روش‌های دستگاهی شناسائی شد. کارائی نمونه‌های جاذب برای حذف آلاینده‌های رنگی از قبیل رنگ کاتیونی متیلن بلو، رنگ‌های آنیونی متیل اورنژ و کنگورد و مخلوط رنگ‌های کاتیونی و آنیونی متیلن بلو و متیل اورنژ از محلول‌هایشان بررسی شد.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاه‌ها

در این تحقیق مواد شیمیائی متیل اورانژ، متیلن بلو، کنگورد، روی نیترات ۶ آبه، آلومینیم نیترات ۹ آبه، مس نیترات ۶ آبه و سدیم هیدرواکسید از شرکت مرک خریداری شد. برای شناسائی محصول از دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) مدل X pert Mpd، طیف‌سنج مادون قرمز تبدیل فوریه مدل JASCO-4200، میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به اسپکترومتر پراکندگی انرژی اشعه‌ی ایکس (SEM-EDX) مدل TESCAN و دستگاه اسپکتروفوتومتر جذبی مرئی-ماوراءبنفش مدل Shimadzu-2550 استفاده شد.

### ۲-۲- روش سنتز جاذب

محلولی از نمک‌های روی نیترات شش آبه و آلومینیم نیترات نه آبه با نسبت مولی روی به آلومینیم ۳ به ۱ تهیه شد. سپس pH محلول توسط محلول سدیم هیدروکسید ۴M حدود ۸/۵ تنظیم شد. سوسپانسیون حاصل با سرعت مناسب توسط یک همزن مغناطیسی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۵°C بهمزده شد. بعد از آن رسوب حاصل جمع آوری و با آب دیونیزه چندین بار شستشو شد تا pH آب شستشو تقریباً خنثی گردد. سپس رسوب حاصل در یک آون با دمای ۸۰°C خشک شد [۱۹]. در این

مرحله نمونه‌ی هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ZnAl-LDH تهیه شد. در مرحله بعدی ۰/۴g مس نترات ۶ آبه  $(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  به ۲۰ mL آب دیونیزه اضافه شد. سپس ۱/۶g از نمونه‌ی ZnAl-LDH تهیه شده به آن اضافه و به مدت ۲ ساعت توسط همزن مغناطیسی همزده شد. رسوب حاصل در آن با دمای  $60^\circ\text{C}$  خشک و در کوره با دمای  $500^\circ\text{C}$  کلسینه شد. همچنین نمونه‌ی  $\text{ZnO}/\text{ZnAl}_2\text{O}_4$  از کلسینه کردن نمونه‌ی ZnAl-LDH در دمای  $500^\circ\text{C}$  تهیه شد.

### ۳-۲- روش حذف آلاینده رنگی از محلول آبی

به منظور بررسی کارایی نمونه‌های تهیه شده به عنوان جاذب محلول‌های رنگ کنگورد، متیلن بلو و متیل اورنژ و محلول مخلوط دوتائی رنگ متیلن بلو و متیل اورنژ به عنوان مدل آلاینده محیط زیست استفاده شد. در این آزمایش ۲۰۰mL از محلول رنگ با غلظت  $10\text{ mgL}^{-1}$  در یک بشر ۲۵۰mL ریخته شد. به منظور ایجاد محیط تاریک اطراف بشر با فویل آلومینیومی پوشانده شد. سپس مقدار ۰/۱g نمونه جاذب تهیه شده به محلول اضافه و مخلوط توسط یک همزن مغناطیسی بهمزده شد. زمان نمونه‌برداری ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه انتخاب شد. محلول نمونه برداری سانتریفیوژ و طیف جذبی آن توسط اسپکتروفوتومتر UV-Vis ثبت شد. درصد حذف آلاینده توسط رابطه‌ی (۱) محاسبه شد.

$$\text{Dye removal} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

که در رابطه‌ی (۱)،  $C_0$  غلظت اولیه‌ی محلول رنگ و  $C_t$  غلظت محلول رنگ در زمان  $t$  است. برای محاسبه‌ی  $q_t$  (ظرفیت جذب جاذب) از رابطه‌ی (۲) استفاده شد.

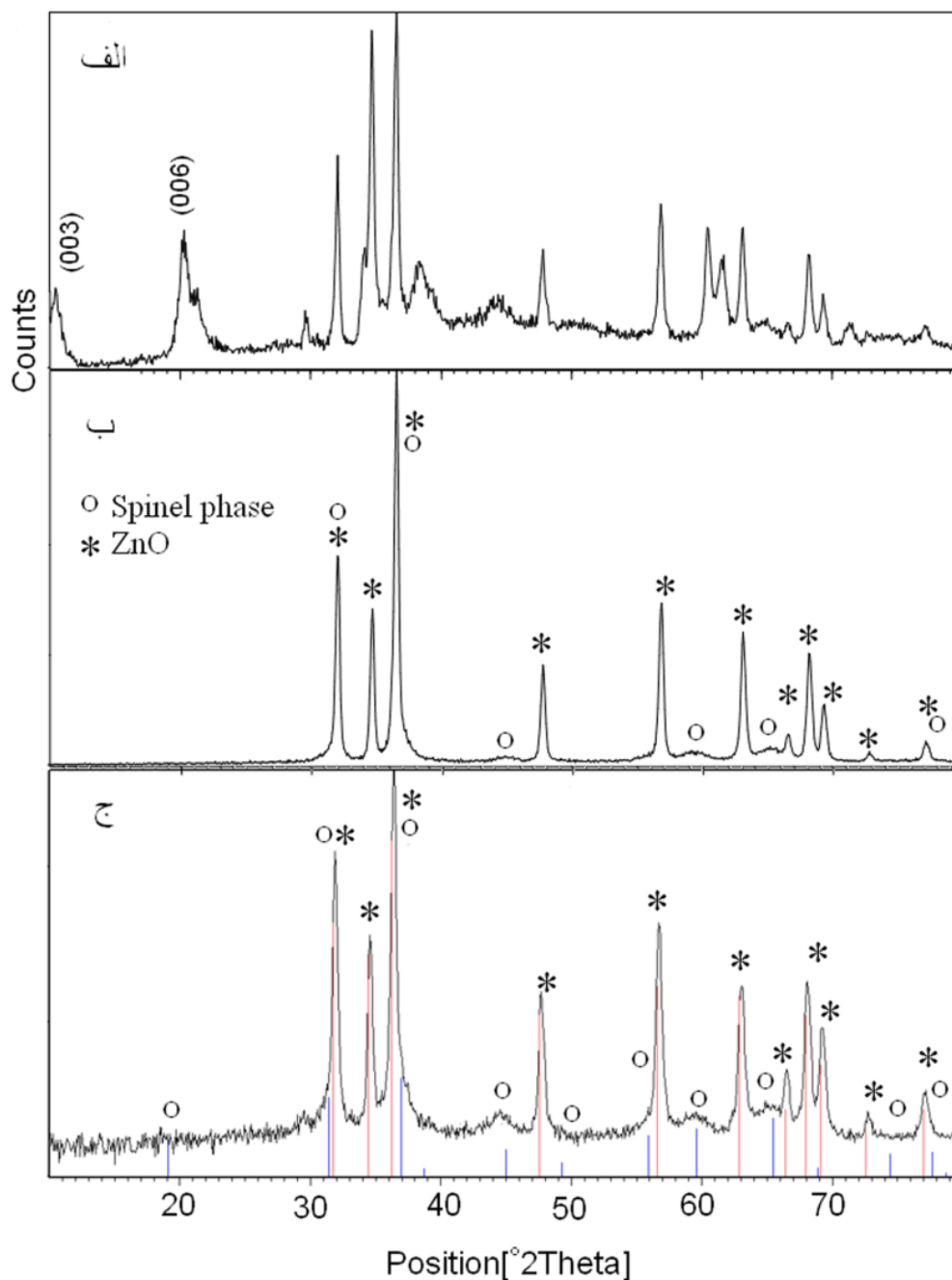
$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \quad (2)$$

که در رابطه‌ی (۲)،  $q_t$  (ظرفیت جذب جاذب)،  $C_0$  (غلظت اولیه‌ی رنگ)،  $C_t$  (غلظت محلول رنگ در زمان  $t$ ، حجم محلول آلاینده و  $m$  (g) وزن جاذب است. در سری آزمایش دیگر ۲۰۰mL محلول مخلوط رنگ‌های متیلن بلو و متیل اورنژ با غلظت  $5\text{ mgL}^{-1}$  نسبت به هریک از اجزاء تهیه و به عنوان مدل آلاینده رنگی استفاده شد. سپس با استفاده از رابطه‌ی (۱) و (۲) درصد حذف رنگ و ظرفیت جذب جاذب برای حذف هر یک از رنگ‌ها محاسبه شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- شناسائی نمونه‌های جاذب

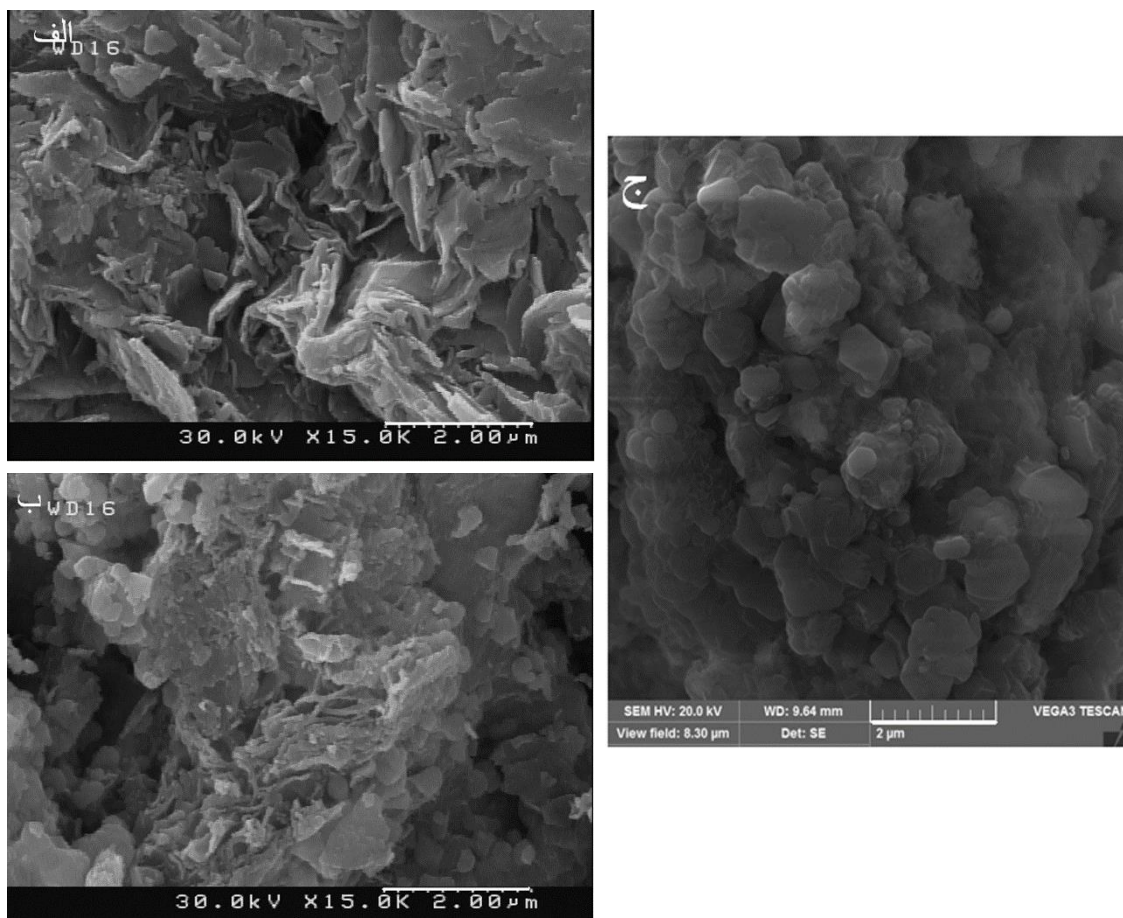
ابتدا نمونه‌ی هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ZnAl-LDH سنتز شد. نمونه‌ی ZnAl-LDH (شکل ۱، الف) توافق خوبی با الگوی پراش اشعه ایکس با ساختار هگزاگونالی و شماره کارت استاندارد (۴۸-۱۰۲۲) دارد [۱۹]. همچنین در این ترکیب پیک‌های (۰۰۳) و (۰۰۶) که از مشخصات مواد LDH است مشاهده شد.



شکل ۱- (الف) الگوی پراش اشعه ایکس هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ZnAl-LDH (ب) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ج) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II)

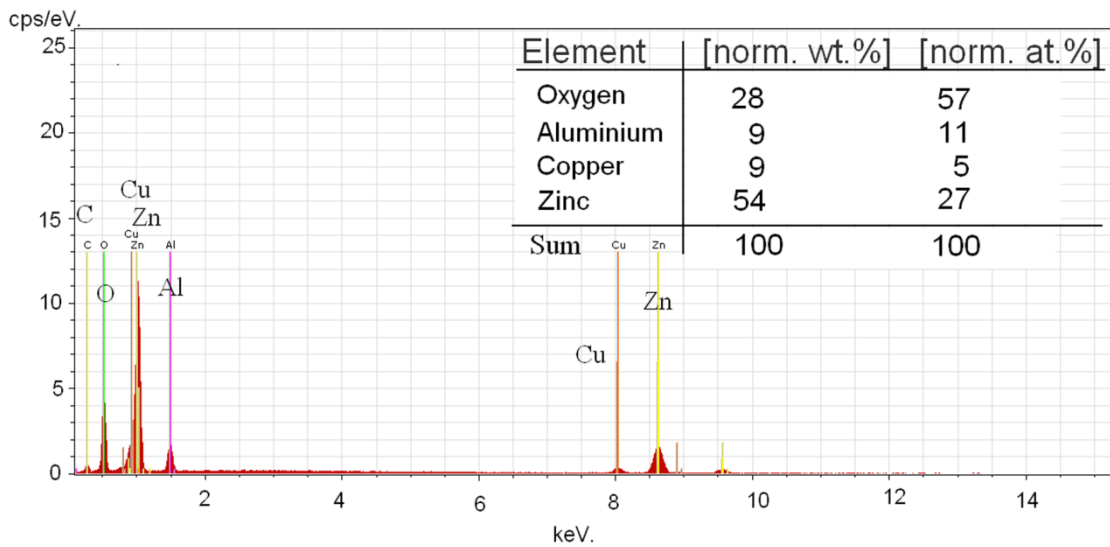
بر اثر کلسینه کردن نمونه‌ی LDH با نسبت مولی Zn به Al، ۳ به ۱ مخلوط اکسیدهای فلزی ZnO و ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> تولید شد. الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (شکل ۱، ب) حضور ZnO با ساختار ورتزیت با شماره کارت استاندارد (۰۳۶-۱۴۵۱) و ساختار اسپینل ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> با شماره کارت استاندارد (۰۰۵-۰۶۶۹) را نشان داد. الگوی پراش اشعه‌ی ایکس (شکل ۱، ج) نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) مشابه با نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> بود که تشکیل روی اکسید و اسپینل مخلوط (MAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, M=Zn, Cu) را تأیید کرد. تصاویر SEM (شکل ۲، الف و ب) مربوط به نمونه‌های ZnAl-LDH و ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> است برای نمونه‌ها مورفولوژی

پوسته مانند با ضخامت تقریباً  $50\text{ nm}$  مشاهده شد. اما برای نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) نانو ذرات بهم چسبیده مشاهده شد (شکل ۲، ج).

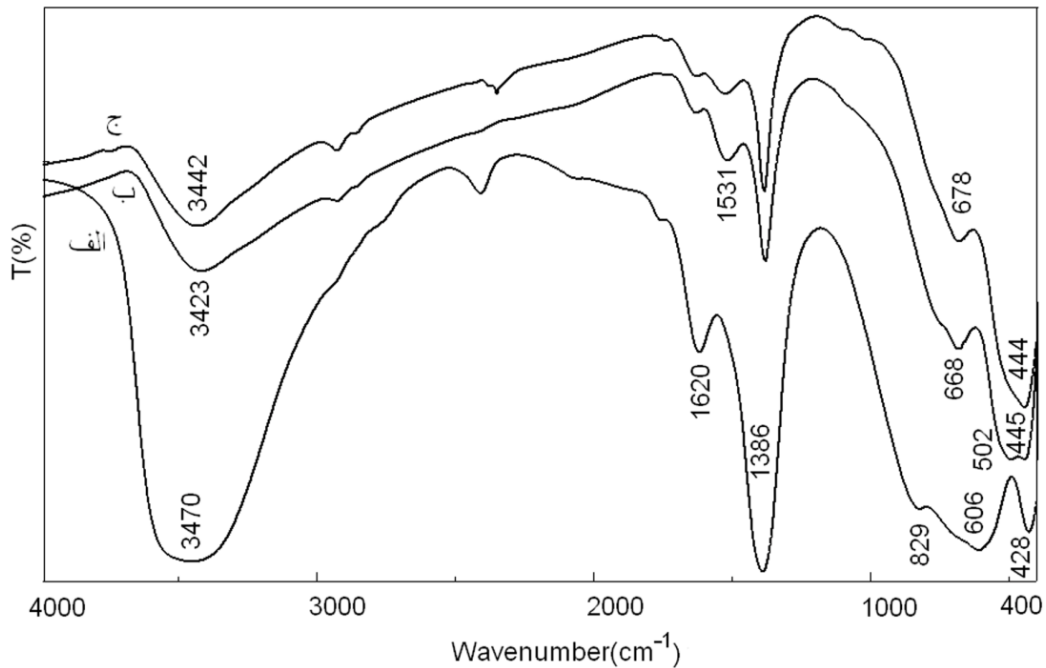


شکل ۲- تصویر SEM (الف) ZnAl-LDH (ب) نمونه‌ی  $\text{ZnO/ZnAl}_2\text{O}_4$  (ج) نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II)

به منظور تائید حضور عناصر اکسیژن، آلومینیم، مس و روی در نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) از آنالیز (EDX) استفاده شد. با استفاده از این آنالیز درصد اتمی عناصر به طور تقریبی (O) ۵۷٪، (Al) ۱۱٪، (Zn) ۲۷٪ و (Cu) ۵٪ بدست آمد (شکل ۳). همچنین از اسپکتروسکوپی نشری پلاسمای جفت شده القائی (ICP) برای آنالیز عنصری استفاده شد که نسبت مولی عناصر آلومینیم، روی و مس به ترتیب ۱،  $2/38$  و  $0/44$  بدست آمد. در بررسی طیف مادون قرمز تبدیل فوریه برای نمونه‌ی ZnAl-LDH نوارهای جذبی مربوط به مدهای ارتعاشی گروه OH متصل به لایه بروسیت مانند و همچنین مولکول‌های آب موجود در بین لایه‌ها در  $1620\text{ cm}^{-1}$  و  $3470\text{ cm}^{-1}$ ، مدهای ارتعاشی M-O در ناحیه‌ی زیر  $1000\text{ cm}^{-1}$  و مدهای ارتعاشی O-M-O در ناحیه‌ی  $400\text{ cm}^{-1}$ - $500\text{ cm}^{-1}$  و ارتعاش کششی آنیون نترات در  $1386\text{ cm}^{-1}$  مشاهده شد.



شکل ۳- آنالیز EDX نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II)

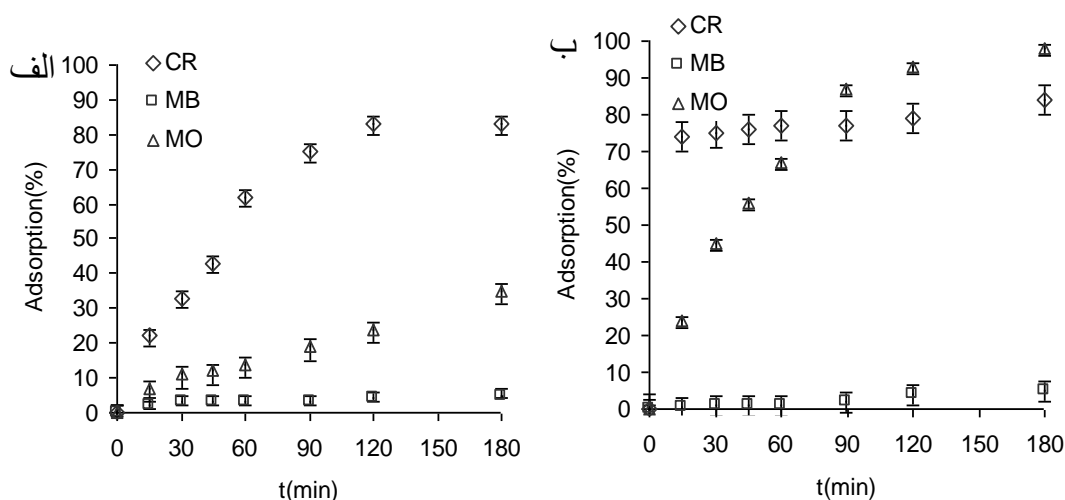


شکل ۴- طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (الف) نمونه‌ی هیدروکسید دوگانه لایه‌ای ZnAl-LDH (ب) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ج) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلاییده با یون مس (II)

برای نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> نوارهای جذبی ارتعاشی کششی و خمشی گروه OH مربوط به مولکول‌های آب جذب سطحی شده در ۳۴۲۳cm<sup>-1</sup> و ۱۵۳۱cm<sup>-1</sup>، مدهای ارتعاشی Al-O و Zn-O در فاز اسپینل ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> و ZnO در ۶۶۸cm<sup>-1</sup>، ۵۰۲cm<sup>-1</sup> و ۴۴۵cm<sup>-1</sup> مشاهده شد. برای نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) نوارهای جذبی ارتعاشی کششی و خمشی گروه OH مربوط به مولکول‌های آب جذب سطحی شده در ۳۴۴۲cm<sup>-1</sup> و ۱۵۳۱cm<sup>-1</sup>، نوارهای جذبی مربوط به مد ارتعاشی Cu-O، Al-O و Cu-O-Al در ناحیه‌ی بین ۸۰۰-۶۰۰ cm<sup>-1</sup> و مد ارتعاشی Zn-O در ۴۴۴cm<sup>-1</sup> مشاهده شد (شکل ۴، الف، ب و ج).

## ۲-۳- نتایج مربوط به حذف آلاینده رنگی از محلول

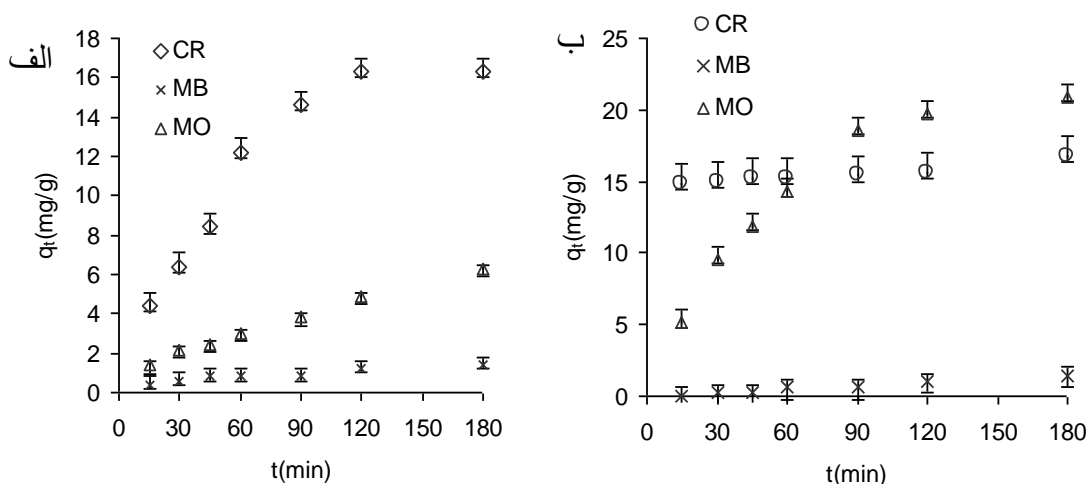
در این تحقیق کارائی نمونه‌ی  $ZnO/ZnAl_2O_4$  و نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II) برای حذف آلاینده‌های رنگی از محلول بررسی شد.<sup>۱</sup> درصد حذف رنگ از محلول‌های کنگورد، متیلن بلو و متیل اورنژ به ترتیب ۰.۸۳٪، ۰.۵٪ و ۰.۳۵٪ توسط نمونه‌ی  $ZnO/ZnAl_2O_4$  و ۰.۸۴٪، ۰.۵٪ و ۰.۹۸٪ توسط نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II) بدست آمد (شکل ۵، الف و ب). در شکل ۶، الف و ب مقدار ظرفیت جذب  $ZnO/ZnAl_2O_4$  به ترتیب ۱۶/۸، ۱/۴، ۶/۳ و نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II) ۱۶/۸، ۱/۴ و ۲۰/۹ برای حذف رنگ کنگورد، متیلن بلو و متیل اورنژ از محلول‌هایشان بدست آمد.



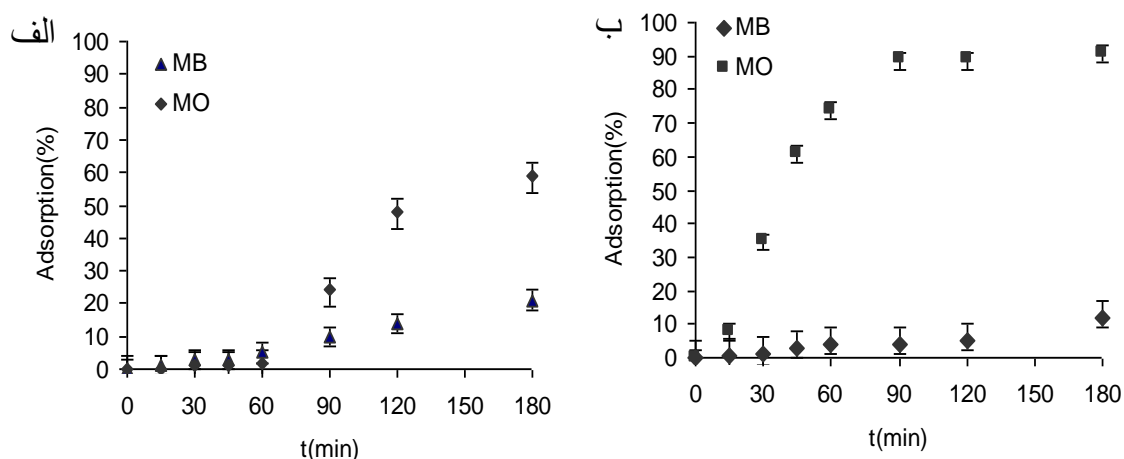
شکل ۵- درصد حذف رنگ کنگورد (CR)، متیلن بلو (MB) و متیل اورنژ (MO) توسط جاذب‌های (الف) نمونه‌ی  $ZnO/ZnAl_2O_4$  (ب) نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II)

نتایج برای نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II) نسبت به نمونه‌ی دیگر یک افزایش تقریباً سه برابری نسبت به حذف رنگ متیل اورنژ از محلول را نشان داد. در آزمایش دیگر حذف همزمان رنگ‌های متیلن بلو و متیل اورنژ از محلول مخلوط آن‌ها بررسی شد. درصد حذف همزمان رنگ‌های متیلن بلو و متیل اورنژ (شکل ۷، الف و ب) به ترتیب ۰.۲۱٪، ۰.۵۹٪ توسط نمونه‌ی  $ZnO/ZnAl_2O_4$  و برای نمونه‌ی آلاینده با یون مس (II) ۱۲٪ و ۰.۹۱٪ محاسبه شد.

<sup>۱</sup> هر آزمایش سه مرتبه تکرار و نوار خطا رسم شد.



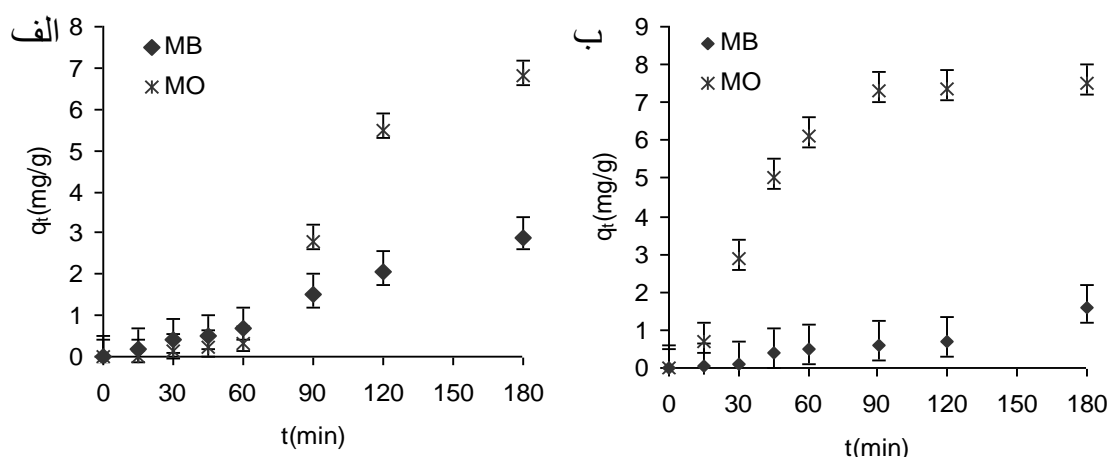
شکل ۶- ظرفیت جذب جاذب‌های (الف) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ب) نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) برای حذف رنگ‌های کنگورد (CR)، متیلن بلو (MB) و متیل اورنژ (MO) از محلول‌هایشان



شکل ۷- درصد حذف همزمان رنگ‌های متیلن بلو (MB) و متیل اورنژ (MO) توسط جاذب‌های (الف) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ب) نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II)

همچنین مقدار ظرفیت جذب جاذب (شکل ۸، الف و ب) برای حذف همزمان متیلن بلو و متیل اورنژ توسط نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> به ترتیب ۲/۹ و ۶/۸ و برای نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II)، ۱/۶ و ۷/۵ بدست آمد. این نتایج حذف گزینش پذیر حدود ۹۱٪ را برای حذف رنگ آنیونی متیل اورنژ توسط نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) نشان داد.





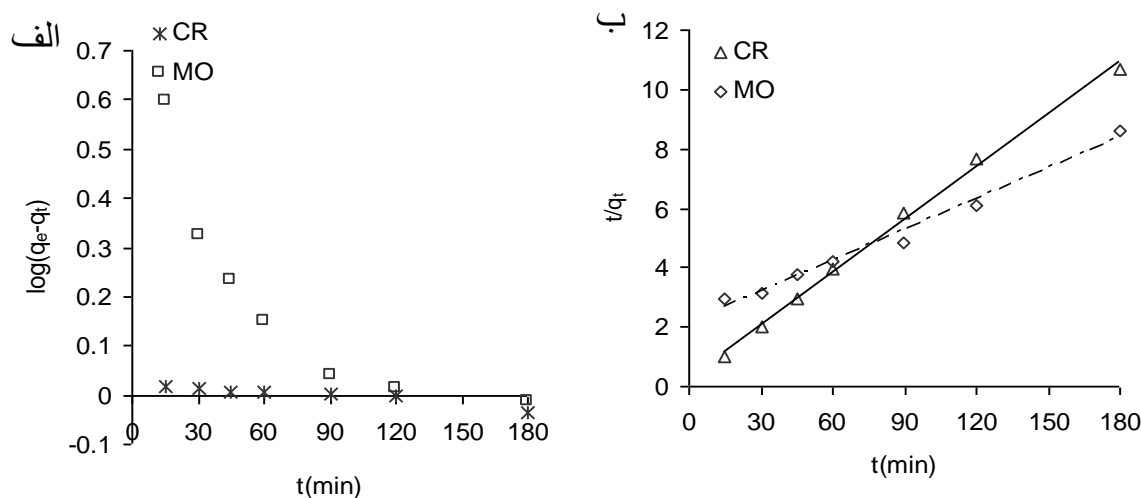
شکل ۸- ظرفیت جذب جاذب‌های (الف) نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (ب) نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II) برای حذف همزمان رنگ‌های متیلن بلو (MB) و متیل اورنژ (MO) از محلول

برای بررسی سینتیک جذب رنگ‌های آنیونی کنگورد و متیل اورنژ که بیشترین جذب را بر روی سطح جاذب‌های تهیه شده داشتند از مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه‌ی اول و شبه مرتبه‌ی دوم استفاده شد. رابطه‌های ۳ و ۴ به ترتیب مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه‌ی اول و شبه مرتبه‌ی دوم را نشان می‌دهد.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1 t}{2.303} \quad (3)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2(q_e)^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

در رابطه‌های ۳ و ۴،  $q_e$  ظرفیت جذب در حالت تعادل،  $q_t$  ظرفیت جذب در زمان  $t$ ،  $k_1$  ثابت سرعت شبه مرتبه اول و  $k_2$  ثابت سرعت شبه مرتبه دوم است. از رسم نمودارهای  $\log(q_e - q_t)$  و  $t/q_t$  بر حسب زمان می‌توان پارامترهای  $q_e$  و  $k_1$  و  $k_2$  را بدست آورد که نمودارها در (شکل ۹، الف و ب) و پارامترها در جدول ۱ آورده شده است. با محاسبه‌ی ضریب همبستگی  $R^2$  و مقایسه‌ی  $q_e$  تئوری و تجربی نتایج توافق بیشتری با مدل شبه مرتبه‌ی دوم نشان داد. به طور کلی کمپلکس فلز-آنیون، برهمکنش‌های الکترواستاتیکی، بر همکنش  $\pi-\pi$  و پیوند شیمیایی مکانیسم‌های رایجی هستند که در فرآیند جذب آلاینده دخالت دارند [۱۳].



شکل ۹- (الف) مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه‌ی اول و (ب) شبه مرتبه‌ی دوم برای حذف رنگ‌های آنیونی (CR) و متیل اورنژ (MO) از محلول‌هایشان توسط نمونه‌ی آلاییده با یون مس (II)

جدول ۱- پارمترهای مربوط به مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه‌ی اول و شبه مرتبه‌ی دوم

رنگ	$q_e^{exp}$	شبه مرتبه اول			شبه مرتبه دوم		
		$k_1(\text{min}^{-1})$	$q_{e1}(\text{mg/g})$	$R^2$	$k_2(\text{g/mg min})$	$q_{e2}(\text{mg/g})$	$R^2$
CR	۱۵/۷	$۶/۹۰ \times 10^{-۱۰}$	۱/۰۶	۰/۹۲۷۶	$۱/۱۹ \times 10^{-۱۰}$	۱۶/۸۰	۰/۹۹۶۷
MO	۲۰/۳	$۷/۱۴ \times 10^{-۱۰}$	۲/۷۲	۰/۶۹۷۴	$۵/۱۵ \times 10^{-۱۰}$	۲۹/۰۶	۰/۹۸۵۱

به علاوه در این تحقیق نمونه‌ی آلاییده با یون Mg(II) در شرایط مشابه تهیه شد که کارائی پایینی را نشان داد. در جدول ۲ مقایسه‌ی حذف رنگ متیل اورنژ توسط نمونه‌های کلسینه شده‌ی MgAl-CLDH و ZnAl-CLDH، نمونه‌ی آلاییده با یون Cu(II) و نمونه‌ی آلاییده با یون Mg(II) آورده شده است. اگرچه مقایسه‌ی عملکرد جاذب‌های متفاوت گزارش شده توسط محققین به دلیل استفاده از شرایط غیر یکسان کمی مشکل است اما این تحقیق بخوبی نشان می‌دهد که کارائی نمونه‌ی آلاییده با یون Cu(II) افزایش یافته است.

جدول ۲- مقایسه‌ی تعدادی جاذب مشابه برای حذف آلاینده رنگ متیل اورنژ

جاذب	رنگ	$q_e^{exp}$ (mg/g)	غلظت اولیه رنگ (mg/L)	مقدار جاذب (g/L)	زمان تماس (min)	مرجع
MgAl-CLDH	MO	۳۴/۵۹	۲۰	۰/۶	۱۸۰	[۲۰]
MgAl-CLDH	MO	۴۵	۳۰	۰/۶	۱۸۰	[۲۰]
ZnAl-CLDH	MO	۶/۳	۱۰	۰/۵	۱۸۰	در این تحقیق
Mg(II) doped ZnO/ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	MO	۸/۳	۱۰	۰/۵	۱۸۰	در این تحقیق
Cu(II) doped ZnO/ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	MO	۲۰/۳	۱۰	۰/۵	۱۸۰	در این تحقیق

## ۴- نتیجه گیری

از کلسینه کردن نمونه‌ی LDH با نسبت مولی Zn به Al، ۳ به ۱ مخلوط اکسیدهای فلزی ZnO و ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> تولید شد. نمونه‌ی ZnO/ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> آلائیده با یون مس (II) کارائی بهتری نسبت به حذف آلائنده‌های رنگ آنیونی نشان داد. درصد حذف رنگ از محلول‌های کنگورد، متیلن بلو و متیل اورنژ به ترتیب ۰.۸۴٪، ۰.۵٪ و ۰.۹۸٪ بدست آمد. حذف انتخابی رنگ آنیونی متیل اورنژ از محلول مخلوط رنگ‌های متیلن بلو و متیل اورنژ تا ۰.۹۱٪ مشاهده شد. نتایج حذف رنگ با مدل سینتیکی شبه مرتبه‌ی دوم توافق بیشتری نشان داد.

## ۵- مراجع

- [1] V. Fatemeh, R. Nahid, Y. Maryam, *J. Of Applied Chemistry*, **47** (1397) 287, in Persian.
- [2] A. Reza, M. T. Amir, R. G. Esmail, K. Hossein, *J. Of Applied Chemistry*, **46** (1397) 219, in Persian.
- [3] M. Faranak, P. Mehdi, *J. Of Applied Chemistry*, **46** (1397) 157, in Persian.
- [4] J. Naemeh, N. Kamelia, R. Zolfaghar, A. Shahin, R. Hosein, S. Marziyeh, *J. Of Applied Chemistry*, **34** (1394) 133, in Persian.
- [5] M. Zahra, G. Katayoon, *J. Of Applied Chemistry*, **30** (1393) 31, in Persian.
- [6] X. Wang, C. Jiang, B. Hou, Y. Wang, C. Hao and J. Wu, *Chemosphere*, **206** (2018) 587.
- [7] Z. Huang, Y. Li, W. Chen, J. Shi, N. Zhang, X. Wang, Z. Li, L. Gao and Y. Zhang, *Mater. Chem. Phys.*, **202** (2017) 266.
- [8] X. Li, M. Zhou, J. Jia and Q. Jia, *React. Funct. Polym.*, **126** (2018) 20.
- [9] Y. Huo, H. Wu, Z. Wang, F. Wang, Y. Liu, Y. Feng and Y. Zhao, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Asp.*, **549** (2018) 174.
- [10] S. Singh, V.C. Srivastava, T.K. Mandal, I.D. Mall and S.L. Lo, *J. Environ. Manage.*, **181** (2016) 146.
- [11] S. Yavari, N.M. Mahmodi, P. Teymouri, B. Shahmoradi and A. Maleki, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, **59** (2016) 320.
- [12] Y. Liu, G. Zeng, L. Tang, Y. Cai, Y. Pang, Y. Zhang, G. Yang, Y. Zhou, X. He and Y. He, *J. Colloid Interface Sci.*, **448** (2015) 451.
- [13] M. Zubair, M. Daud, G. McKay, F. Shehzad and M.A. Al-Harhi, *Appl. Clay Sci.*, **143** (2017) 279.
- [14] D. Zhang, M.y. Zhu, J.g. Yu, H.w. Meng and F.p. Jiao, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, **27** (2017) 2673.
- [15] R.r. Shan, L.g. Yan, K. Yang, S.j. Yu, Y.f. Hao, H.q. Yu and B. Du, *Chem. Eng. J.*, **252** (2014) 38.
- [16] S. Yang, L. Wang, X. Zhang, W. Yang and G. Song, *Chem. Eng. J.*, **275** (2015) 315.
- [17] R.M.M.d. Santos, R.G.L. Gonçalves, V.R.L. Constantino, C.V. Santilli, P.D. Borges, J. Tronto, and F.G. Pinto, *Appl. Clay Sci.*, **140** (2017) 132.
- [18] B. Li, Y. Zhang, X. Zhou, Z. Liu, Q. Liu and X. Li, *J. Alloys Compds*, **673** (2016) 265.

[19] S.J. Xia, F.X. Liu, Z.M. Ni, J.L. Xue and P.P. Qian, *J. Colloid Interface Sci.*, **405** (2013) 195.

[20] L. Gao, Q. Li, X. Hu, X. Wang, H. Song, L. Yan and H. Xiao, *Appl. Clay Sci.*, **126** (2016) 299.