

بررسی تغییرات ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز با تغییرات درجه حرارت و قلیائیت در آب pH

سیدمصطفی خضری^۱

علیرضا رحمانی^۲

محمد تقی صمدی^۲

وحید حیات بخش ملایری^۳

Vahid7676@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۷

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۲۹

چکیده

آهن و منگنز از جمله فلزاتی می باشند که وجود مقادیر جزئی از آن ها می تواند در آب مصرفی برای شرب و آب های صنعتی ایجاد اشکار کند. در سیستم رودخانه و آب های سطحی این فلزات بین فاز محلول و فاز جامد (معلق و رسوب) توزیع می شوند. که البته در شرایط مختلف چگونگی این تبادل و توزیع یکنواخت نیست. تغییرات درجه حرارت ، pH و قلیائیت از جمله فاکتورهای موثر در تبادل این فلزات بین فازهای مذکور می باشند. تحقیق حاضر به بررسی تغییرات فاکتورهای فوق با تغییرات ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز می پردازد. در این تحقیق محلول های با غلظت 10mg/lit سولفات و استات آهن و 2mg/lit سولفات و استات منگنز مورد استفاده قرار گرفت. مراحل انجام آزمایش شامل آاده سازی محلول ها، بررسی اثر pH ، بررسی اثر قلیائیت و بررسی اثر درجه حرارت می باشد. که بدین منظور حلالیت این ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز در pH ۶ تا ۱۲، قلیائیت های ۵۰ تا ۴۰۰ و درجه حرارت های ۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج بعد از فیلتراسیون هضم فلزات در محلول و سنجش توسط دستگاه جذب اتمی بررسی شد. افزایش قلیائیت بیشترین تاثیر را بر کاهش حلالیت سولفات آهن دارد، که کمترین حلالیت در قلیائیت ۴۰۰ به میزان $0/486\text{mg/lit}$ است. افزایش pH بیشترین تاثیر را بر کاهش حلالیت استات آهن دارد که کمترین حلالیت در $pH = 12$ برابر $0/441$ می باشد همچنین افزایش

۱- دانشیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران* (مسئول مکاتبات)

۲- عضو هیات علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران* (مسئول مکاتبات)

pH بیشترین افزایش *pH* بیشترین تاثیر را بر کاهش حلالیت سولفات و استات منگنز دارد که کمترین حلالیت آن ها در $pH = 12$ به ترتیب برابر با ۰/۲۴۷ و ۰/۳۷۲ می باشد. با افزایش درجه حرارت حلالیت کاهش می یابد که این کاهش حلالیت در ترکیبات منگنز بیشتر از ترکیبات آهن و در ترکیبات معدنی بیشتر از ترکیبات آلی می باشد. همچنین در کل آزمایشات حدود ۹۰٪ منگنز در آب به صورت محلول وجود داشت. در حالی که حداکثر حلالیت آهن کمتر از ۴۰٪ بود.

واژه های کلیدی: آهن و منگنز، قلیائیت، *pH*، درجه حرارت.

مقدمه

جامد (معلق و رسوب کرده)، جانوران و گیاهان آبی توزیع می شود. این فلزات همواره بین فازهای مختلف تبادل می شود که البته در شرایط مختلف چگونگی این تبادل و توزیع یکنواخت نیست (۱۰). تغییرات درجه حرارت، *pH* و قلیائیت از جمله فاکتورهای موثر در تبادل این فلزات بین فازهای مختلف محلول و جامد می باشد. با بررسی چگونگی تغییرات این تعادل با تغییرات مختلف درجه حرارت، *pH* و قلیائیت و همچنین بررسی تبادلات مختلف ترکیبات آلی و معدنی این فلزات می توان به چگونگی توزیع این فلزات بین فازهای مختلف در محیط های آبی، رودخانه ها و مخازن سدها پی برد (۱۰ و ۱۱). و راهکارها و روش های مناسبی را جهت حذف و کنترل این عناصر در نظر گرفت. یکی از کارهای انجام شده در این زمینه توسط christer ponter و همکاران بر روی رودخانه kalix در شمال سوئد بر روی تغییرات موقتی آهن و منگنز محلول و معلق انجام شده است و به این نتیجه رسیده اند که تغییر فاز آهن و منگنز از حالت معلق به محلول و همچنین از حالت محلول به رسوب در فصول مختلف سال اتفاق می افتد و درجه حرارت و *pH* و میزان آهن و منگنز معلق می تواند تاثیر زیادی بر میزان رسوب آهن و منگنز داشته باشد (۱۲). و همین طور تحقیق دیگری توسط jeroen t.m.dejog و همکاران بر روی افزایش آهن و منگنز و آلومینیوم بر آب های سطحی اقیانوس اطلس انجام شد و تاثیرات آهن و منگنز ورودی از طریق گرد و خاک بیابان ها به این آب ها و همچنین تاثیرات درجه حرارت و *pH* بر رسوب آن ها مورد بررسی قرار گرفته است (۱۳).

براین اساس تحقیق حاضر به بررسی جداگانه تاثیر تغییرات درجه حرارت، *pH* و قلیائیت بر حلالیت و رسوب

تجمع مراکز شهری، صنعتی و کشاورزی در اطراف رودخانه ها و منابع آب باعث شده است که دامنه ی رخنه ی فعالیت های انسان و آلودگی ها به رودخانه ها و منابع آب کشیده شود و مخصوصاً منابع آب های سطحی به علت سهولت دسترسی به یکی از دریافت کننده های اصلی فاضلاب های شهری، پساب های صنعتی و زه آب های زراعی تبدیل شده اند (۱-۳). در این میان فلزات بخش مهمی از این آلاینده ها را تشکیل می دهند. آهن و منگنز از جمله این فلزات می باشند که وجود مقادیر جزئی از آن ها می تواند در آب مصرفی برای شرب و آب های صنعتی ایجاد اشکال کند (۳-۵). آهن و منگنز همچنین از اجزاء طبیعی خاک و سنگ می باشند. آهن یکی از عناصر فراوان می باشد که اغلب بیشتر از منگنز وجود دارد. این اختلاف شاید از این واقعیت ناشی می شود که آب های حاوی آهن و منگنز محلول، محتوای آهن بیشتری از منگنز دارند. به علاوه به ندرت آب هایی پیدا می شود که دارای آهن بیشتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر و یا منگنز بیشتر از ۲ میلی گرم بر لیتر باشند (۶-۸). آهن به حالت های اکسایش 2^{+} و 3^{+} وجود دارد در حالی که منگنز به حالت های 2^{+} ، 3^{+} ، 4^{+} و 6^{+} یا 7^{+} وجود دارد. به خاطر اشکالاتی که به علت حضور این فلزات در آب ایجاد می شود. EPA توصیه کرده است که غلظت آهن و منگنز در آب آشامیدنی به ترتیب نباید از ۰/۳ و ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر تجاوز کند. هر آبی که دارای این مواد بیشتر از حد توصیه شده باشد باید برای حذف آن ها عملیات تصفیه انجام شود (۲، ۶ و ۹).

در سیستم رودخانه و آب های سطحی این فلزات بین فاز محلول (ستون آب و آب بین ذرات و رسوبات) و فاز

- بررسی اثر قلیائیت
- بررسی اثر درجه حرارت

روش بررسی

- آماده سازی محلول ها

در این تحقیق از سولفات آهن و سولفات منگنز، به عنوان ترکیبات معدنی آهن و منگنز و از استات آهن و استات منگنز، به عنوان ترکیبات آلی آهن و منگنز مورد استفاده قرار گرفت و با توجه به این که در طبیعت به ندرت آب های پیدا می شود که دارای آهن بیشتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر و یا منگنز بیشتر از ۲ میلی گرم بر لیتر باشد (۶-۸). محلول های ۱۰ میلی گرم بر لیتر آهن و ۲ میلی گرم بر لیتر منگنز در آب مقطر مورد استفاده قرار داده شد.

- بررسی اثر pH

برای بررسی اثر pH بر حلالیت و رسوب ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز در آب، با توجه به دامنه تغییرات pH در آب های طبیعی (۴، ۶ و ۷) رنج pH بین ۶-۱۲ در نظر گرفته شد. در این تحقیق برای بررسی اثر pH مطابق با جدول ۱، محلول های ۱۰ میلی گرم بر لیتر سولفات آهن و استات آهن و محلول های ۲ میلی گرم بر لیتر سولفات منگنز و استات منگنز، به حجم های ۱۰۰cc در ظرف های جداگانه به pH های ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ رسانده شد. برای افزایش pH با توجه به pH اولیه نمونه ها که حدود ۵/۶ بود از محلول رقیق NaOH استفاده شد. سپس نمونه ها پس از گذشت مدت زمان ۲۴ ساعت برای رسیدن به حالت پایدار، توسط سیستم فیلتراسیون با استفاده از فیلتر با قطر $0.45 \mu\text{m}$ فیلتر شد. بعد از فیلتراسیون، قسمت جامد (رسوب و معلق) از نمونه ها جدا شده و قسمت محلول جهت سنجش غلظت فلزات توسط دستگاه جذب اتمی آماده سازی می شود. در این مرحله جهت هضم فلزات ۱۰cc اسید نیتریک غلیظ به نمونه ها اضافه کرده و بعد از گذاشتن شیشه ساعت بر روی آن ها، نمونه ها روی hot plate قرار داده شده و به آرامی حرارت داده شد، تا حجم آن ها به ۲۰cc رسید. سپس بعد از خنک شدن، مجدداً ۵cc اسید نیتریک غلیظ

ترکیبات آلی و معدنی این فلزات می پردازد. که درمورد تاثیر قلیائیت بر حلالیت و رسوب و نیز تاثیر تغییرات این پارامترها بر ترکیبات آلی و معدنی این عناصر تاکنون مطالعه ای صورت نگرفته است و از این لحاظ این تحقیق دارای نوآوری می باشد.

مواد و روش ها

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل:

- سولفات آهن ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ساخت کارخانه merck آلمان با خلوص ۹۹/۹٪.
- سولفات منگنز ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ساخت کارخانه merck آلمان با خلوص ۹۸/۰-۱۰۲/۰٪.
- استات آهن ($(\text{CH}_3\text{COO})_3\text{Fe} \cdot x\text{H}_2\text{O}$) ساخت کارخانه merck آلمان.
- استات منگنز ($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mn} \cdot x\text{H}_2\text{O}$) ساخت کارخانه merck آلمان.
- هیدروکسید سدیم (NaOH) ساخت کارخانه merck آلمان جهت افزایش pH.
- اسید نیتریک (HNO_3) ساخت کارخانه merck آلمان با خلوص ۶۶/۴-۶۴/۳٪ جهت هضم فلزات.
- بی کربنات سدیم (NaHCO_3)، ساخت کارخانه merck آلمان جهت ساخت قلیائیت.

وسایل و دستگاه های مورد استفاده در این تحقیق شامل:

- pH متر مدل Basic 20 ساخت کارخانه CRISON با دقت ۰/۰۱ واحد pH
 - دستگاه جذب اتمی (atomic absorption) مدل spectra AA۲۰۰ ساخت کارخانه varian
 - انکوباتور یخچال دار مدل Heraeus ساخت کارخانه termoelectron comproration
 - ترازوی الکتریکی با دقت ۰/۰۰۱ کیلوگرم
 - سیستم فیلتراسیون
 - فیلتر با قطر منافذ $0.45 \mu\text{m}$
- مراحل انجام آزمایش شامل:
- آماده سازی محلول ها
 - بررسی اثر pH

لیتر کربنات کلسیم انجام شد. برای ساخت قلیائیت بی کربناته از ماده بی کربناته سدیم NaHCO_3 استفاده شد. که به ترتیب برای ساخت قلیائیت های ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ مقادیر ۸/۴، ۱۶/۸، ۳۳/۶ و ۶۷/۲ میلی گرم در نمونه های مورد آزمایش با حجم ۱۰۰CC مورد استفاده قرار گرفت. سپس نمونه های مذکور پس از گذشت ۲۴ ساعت برای رسیدن به حالت پایدار توسط سیستم فیلتراسیون فیلتر شد. بعد از فیلتراسیون و جداسدن قسمت جامد (رسوب و معلق) قسمت محلول همانند قسمت قبل آماده سازی شده و غلظت فلزات محلول توسط دستگاه جذب اتمی سنجش شد.

- بررسی اثر درجه حرارت

در این مرحله حلالیت و رسوب ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز مطابق جدول ۳ در هشت درجه حرارت مختلف از ۰ تا ۳۵ درجه سانتی گراد مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نمونه های تهیه شده آهن و منگنز آلی و معدنی، در هر یک از درجه حرارت های ذکر شده در جدول ۳، برای رسیدن به حالت پایدار، به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور یخچال دار قرار داده شد. سپس نمونه ها بلافاصله بعد از خارج کردن از انکوباتور توسط سیستم فیلتراسیون فیلتر شد. بعد از فیلتراسیون و جدا شدن قسمت جامد (رسوب و معلق) از قسمت محلول، نمونه ها مطابق قسمت اول جهت هضم فلزات آماده سازی شده و غلظت فلزات محلول توسط دستگاه جذب اتمی سنجش شد. مکان انجام آزمایش ها، آزمایشگاه دانشکده محیط زیست واحد علوم و تحقیقات و زمان انجام آن پاییز و زمستان ۸۷ بوده است.

اضافه کرده و حرارت داده شد تا حجم نمونه ها به ۱۰CC رسید (۷) در این مرحله نمونه ها توسط کاغذ صافی صاف شده و در یک بالن ژوژه ۵۰CC به حجم رسانده شد. سپس غلظت آهن و منگنز محلول در نمونه های آماده شده از روش طیف سنجی جذب اتمی (atomic absorption) مورد اندازه گیری قرار گرفت (۷). اندازه گیری ها نیاز به منحنی کالیبراسیون دارد. جهت تهیه این منحنی ها نمونه های استاندارد در غلظت های ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ برای آهن و غلظت های ۱، ۲، ۴ و ۶ برای منگنز تهیه شد. (جهت انحلال فلزات از اسید نیتریک غلیظ استفاده شده است) نحوه عمل بدین شکل است که ابتدا استانداردها را اندازه گیری می کنیم دستگاه برای هر کدام جذب مشخصی را نشان می دهد که آن را به شکل نمودار رسم می کند. حال نمونه مجهول را با آن اندازه گیری می نماییم. دستگاه جذب آن را مشخص کرده و با کمک منحنی کالیبراسیون غلظت آن را می یابد.

- بررسی اثر قلیائیت

برای بررسی اثر قلیائیت بر حلالیت و رسوب ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز در آب، با توجه به این که در محیط های آبی طبیعی تنها قلیائیت بی کربناته موجود می باشد. و غلظت قلیائیت کربناته صفر می باشد (۴، ۷ و ۱۱). در این آزمایش تاثیر قلیائیت بی کربناته بر حلالیت و رسوب ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور با توجه به دامنه تغییرات قلیائیت در محیط های آبی طبیعی (۴، ۷ و ۱۱) آزمایشات مطابق جدول ۲ در چهار غلظت ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ برحسب میلی گرم بر

جدول ۱- تغییرات حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز با تغییرات pH

				pH
۱۲	۱۰	۸	۶	Solubility (mg/lit)
۳/۸۲۸	۰/۷۱۱	۰/۸۱۴	۲/۶۸۸	FeSO ₄
۰/۲۴۷	۰/۵۹۸	۱/۴۶۹	۱/۷۹۲	MnSO ₄
۰/۴۴۱	۰/۴۵۸	۰/۴۸۸	۰/۴۹۱	(CH ₃ COO) ₃ Fe.XH ₂ O
۰/۳۷۲	۰/۳۹۷	۰/۴۶۲	۰/۴۸۳	(CH ₃ COO) ₂ Mn.XH ₂ O

جدول ۲- تغییرات حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز با تغییرات قلیائیت

۴۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	pH
				Solubility (mg/lit)
۰/۴۸۶	۰/۵۱۲	۰/۵۲۱	۰/۵۳۹	FeSO ₄
۱/۴۳۵	۱/۶۰۸	۱/۶۷۸	۱/۶۹۳	MnSO ₄
۰/۵۷۲	۰/۶۱۴	۰/۶۳۲	۰/۶۶۲	(CH ₃ COO) ₃ Fe.XH ₂ O
۱/۴۵۶	۱/۶۳۳	۱/۷۱۲	۱/۷۴۳	(CH ₃ COO) ₂ Mn.XH ₂ O

جدول ۳- تغییرات حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز با تغییرات درجه حرارت

۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰	T
								Solubility (mg/lit)
۱/۴۹۵	۱/۵۸۹	۱/۶۳۹	۱/۷۲۱	۱/۷۴۲	۱/۷۵۴	۱/۷۴۹	۱/۷۵۹	FeSO ₄
۱/۱۷۱	۱/۳۷۳	۱/۴۹	۱/۵۶	۱/۶۲	۱/۶۸۶	۱/۷۰۲	۱/۷۳۴	MnSO ₄
۱/۴۹	۱/۵۵۲	۱/۵۷۶	۱/۶۰۴	۱/۶۱۸	۱/۶۲۶	۱/۶۲۸	۱/۶۳۶	(CH ₃ COO) ₃ Fe.XH ₂ O
۱/۲۹۲	۱/۳۷۹	۱/۴۶۱	۱/۴۹	۱/۵۷۶	۱/۶	۱/۶۱۳	۱/۶۴۴	(CH ₃ COO) ₂ Mn.XH ₂ O

1.Nitrated PAH

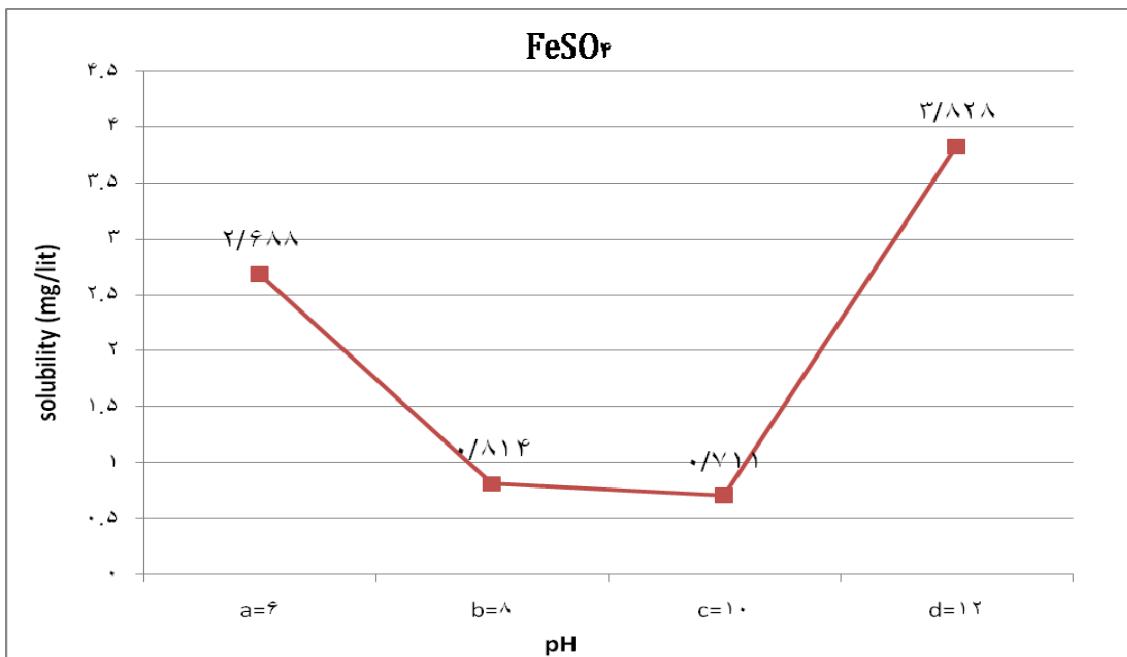
pH -

در نمودار ۱ با افزایش pH از pH = ۶ تا pH = ۱۰ حلالیت سولفات آهن از ۲/۶۸۸ mg/lit به ۰/۷۱۱ mg/lit کاهش پیدا می کند که این مقدار کاهش برابر ۷۳/۵۵٪ می باشد و سپس با افزایش Ph از این مقدار، حلالیت تا ۳/۸۲۸ mg/lit افزایش پیدا می کند .

نتایج

پس از انجام آزمایشات، حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز، روابط معنا داری را با تغییرات pH قلیائیت و درجه حرارت نشان دادند. همچنین در برخی از موارد اختلاف حلالیت بین ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز معنی دار می باشد .

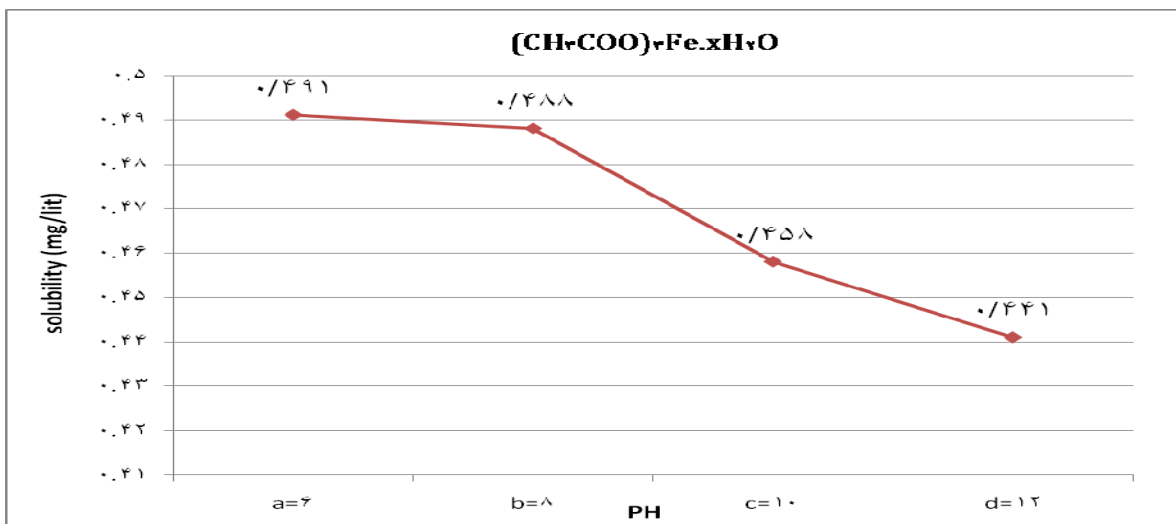
نتایج مطابق با نمودارهای مربوطه به شرح زیر می باشد :



نمودار ۱- تغییرات حلالیت سولفات آهن با تغییرات pH

و سپس با شیب بیشتری صورت می گیرد که در کل مقدار کاهش برابر ۱۰/۱۸٪ می باشد.

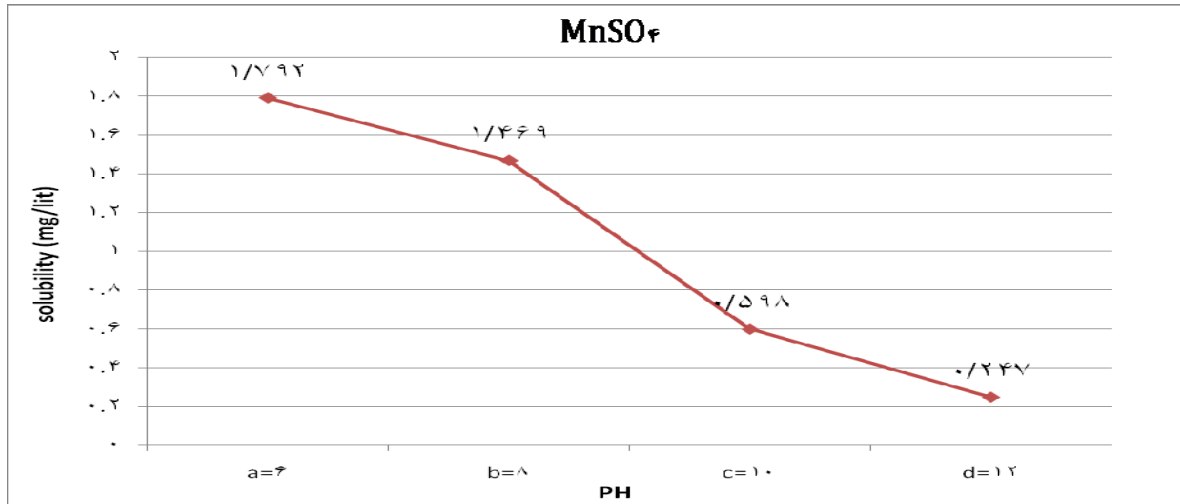
در نمودار ۲ با افزایش pH از pH = ۶ تا pH = ۱۲ حلالیت استات آهن از ۰/۴۹۱ mg/lit به ۰/۴۴۱ mg/lit کاهش پیدا می کند که این کاهش تا pH = ۸ با شیب ملایمی



نمودار ۲- تغییرات حلالیت استات آهن با تغییرات pH

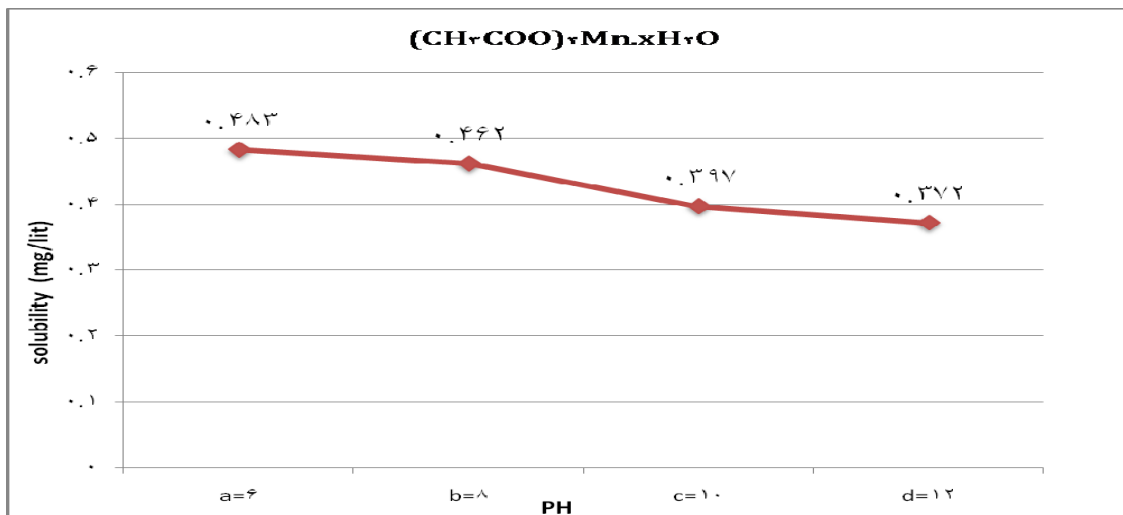
کاهش پیدا می کند. که این مقدار کاهش برابر ۸۶/۲۱٪ می باشد.

در نمودار ۳ با افزایش pH از pH = ۶ تا pH = ۱۲ حلالیت سولفات منگنز از ۱/۷۹۲ mg/lit به ۰/۲۴۷ mg/lit



نمودار ۳- تغییرات حلالیت سولفات منگنز با تغییرات pH

در نمودار ۴ نیز با افزایش pH از pH = 6 تا pH = 12 حلالیت استات منگنز از 0.483 mg/lit به 0.372 mg/lit به مقدار 23٪ کاهش پیدا می کند .

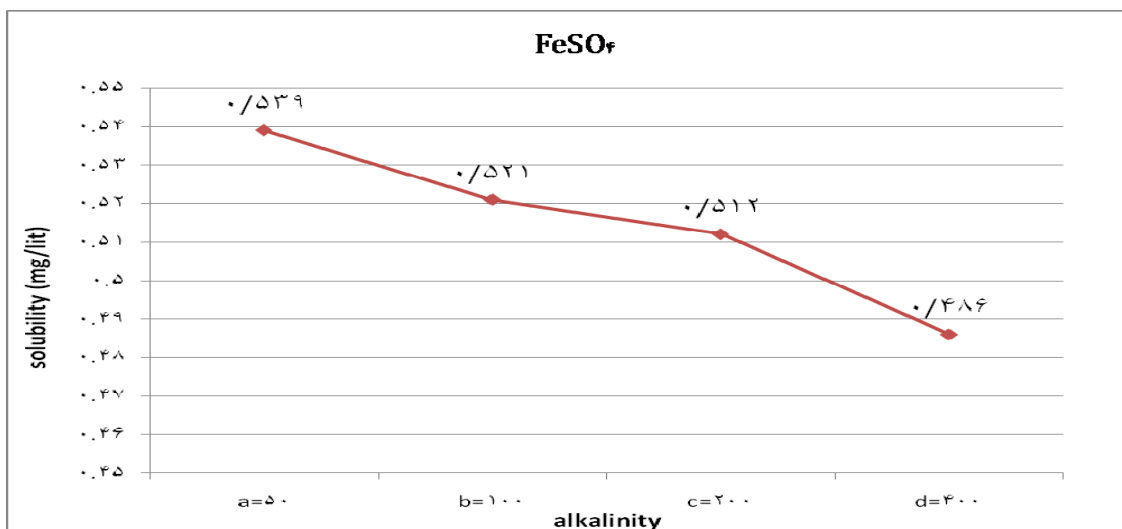


نمودار ۴- تغییرات حلالیت استات منگنز با تغییرات pH

- قلیائیت

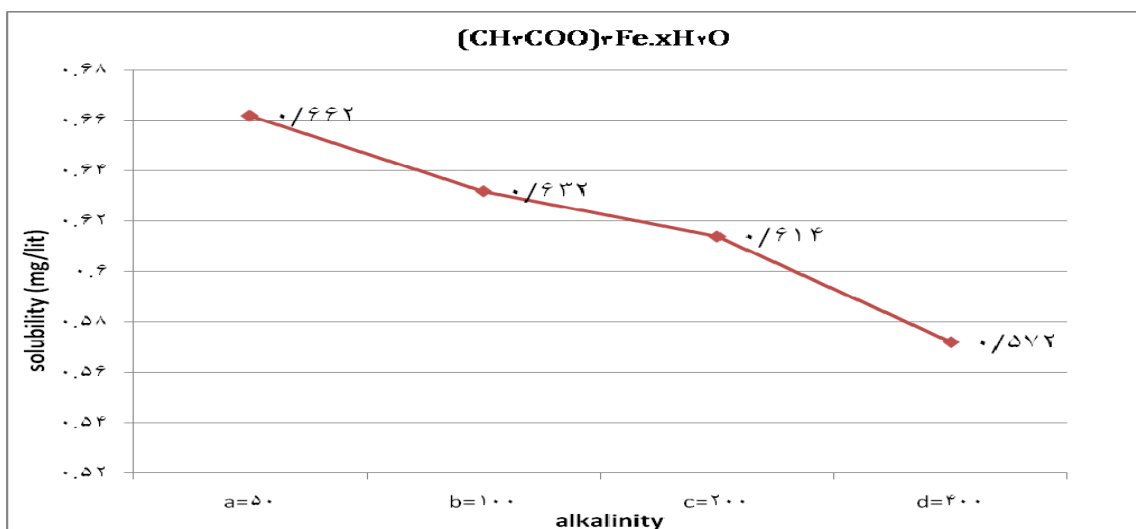
در نمودار ۵ با افزایش قلیائیت از مقدار ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم حلالیت سولفات آهن از 0.539 mg/lit به 0.486 mg/lit کاهش می یابد که این مقدار کاهش برابر ۹/۸٪ می باشد .

در نمودار ۵ با افزایش قلیائیت از مقدار ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم حلالیت سولفات آهن از 0.539 mg/lit به 0.486 mg/lit کاهش می یابد که این مقدار کاهش برابر ۹/۸٪ می باشد .



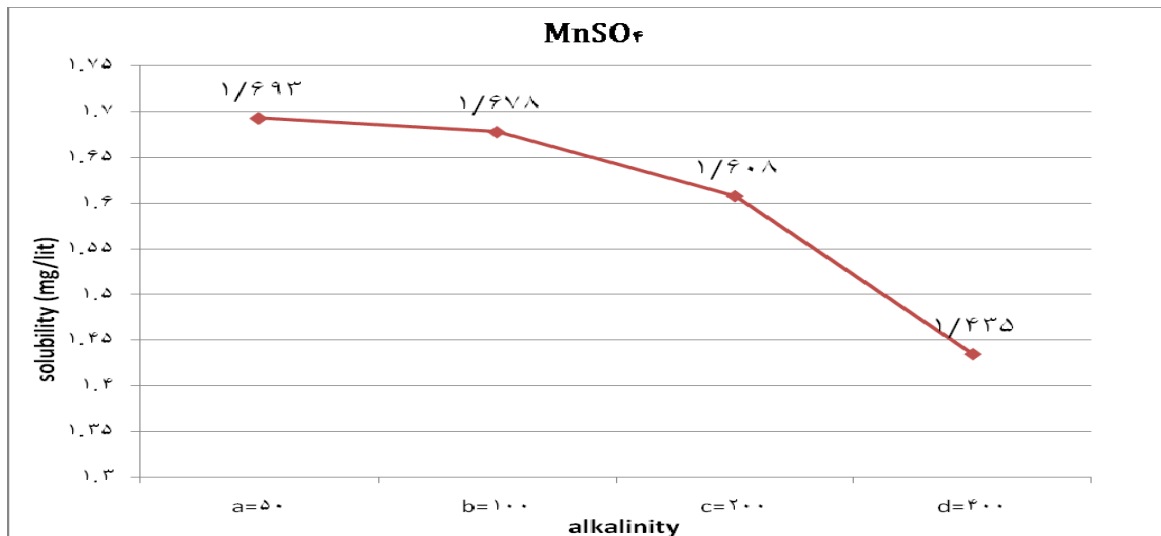
نمودار ۵- تغییرات حلالیت سولفات آهن با تغییرات قلیائیت

در نمودار ۶ با افزایش قلیائیت از مقدار ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم حلالیت استات آهن می یابد .
 از ۰/۶۶۲ mg/lit به ۰/۵۷۲ mg/lit به مقدار ۱۳/۶٪ کاهش



نمودار ۶- تغییرات حلالیت استات آهن با تغییرات قلیائیت

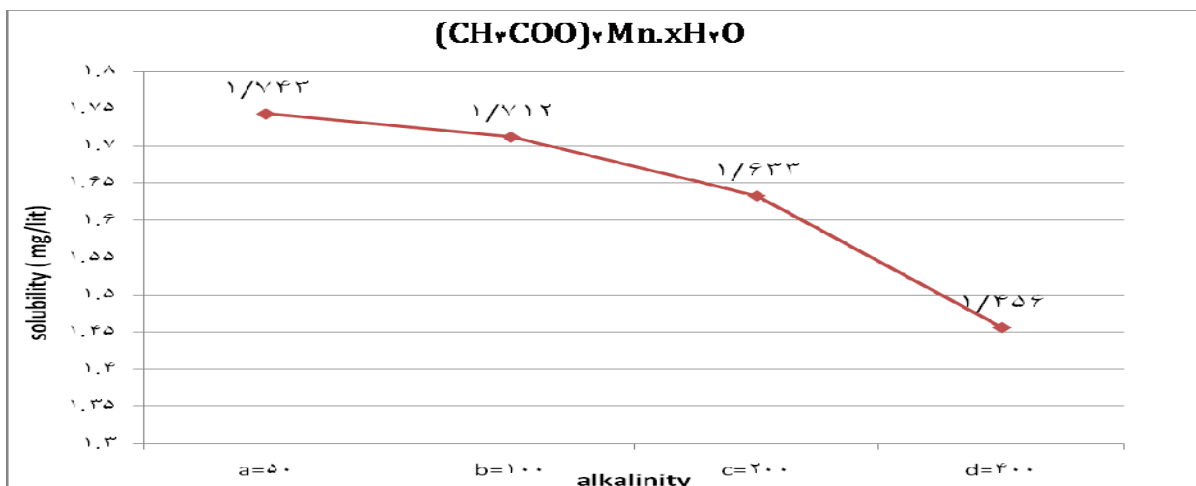
در نمودار ۷ با افزایش قلیائیت از مقدار ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم حلالیت سولفات منگنز از ۱/۶۹۳ mg/lit به ۱/۴۳۵ mg/lit کاهش می یابد .
 که مقدار ۱۵/۲۴٪ کاهش را نشان می دهد.



نمودار ۷- تغییرات حلالیت سولفات منگنز با تغییرات قلیائیت

منگنز از ۱/۷۴۳ mg/lit به ۱/۴۵۶ mg/lit کاهش می یابد که این مقدار کاهش برابر ۱۶/۴۶٪ می باشد.

در نمودار ۸ نیز با افزایش قلیائیت از مقدار ۵۰ تا ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم حلالیت استات

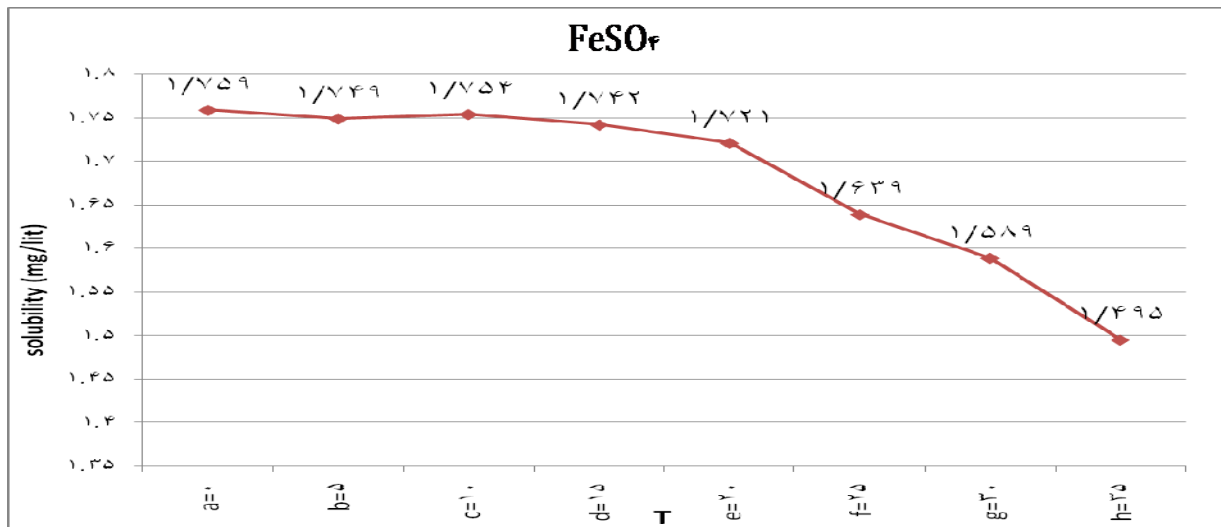


نمودار ۸- تغییرات حلالیت استات منگنز با تغییرات قلیائیت

با شیب بیشتری به مقدار ۱۳/۱۳٪ کاهش می یابد. که در کل مقدار کاهش برابر ۱۵٪ می باشد.

در نمودار ۹ با افزایش دما از ۰ تا ۲۰ درجه سانتی گراد حلالیت سولفات آهن به آهستگی کاهش می یابد که این مقدار کاهش از ۱/۷۵۹ mg/lit در T=۲۰°C برابر ۲/۱۶٪ می باشد. و از ۱/۷۲۱ mg/lit تا ۱/۴۹۵ mg/lit در T=۳۵°C

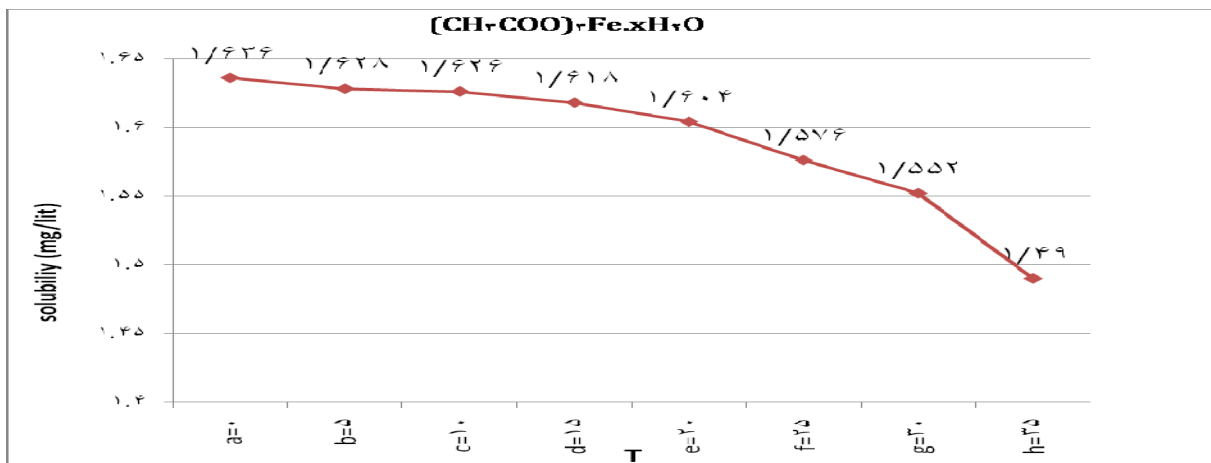
- دما



نمودار ۹- تغییرات حلالیت سولفات آهن با تغییرات دما

به مقدار ۱/۹۵٪ کاهش می یابد و سپس از ۱/۶۰۴ mg/lit تا ۱/۴۹ mg/lit در T = ۳۵°C با شیب بیشتری به مقدار ۱/۷۱٪ کاهش می یابد که در کل مقدار کاهش برابر ۱/۸۸٪ می باشد.

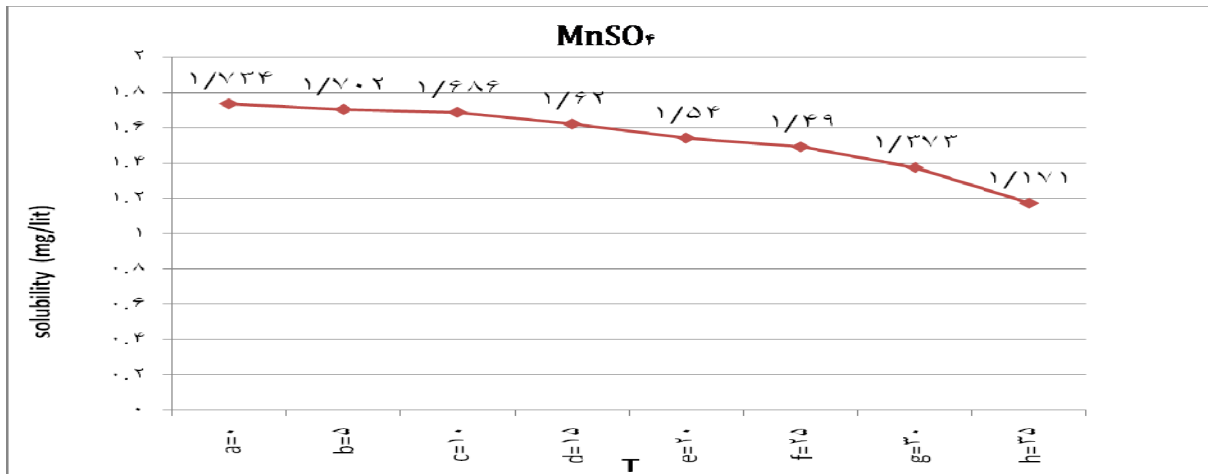
در نمودار ۱۰ نیز با افزایش دما از ۰ تا ۲۰ درجه سانتی گراد حلالیت استات آهن با شیب ملایمی از ۱/۶۳۶ mg/lit در T = ۰°C به ۱/۶۰۴ mg/lit در T = ۲۰°C



نمودار ۱۰- تغییرات حلالیت استات آهن با تغییرات دما

۱/۶۲ mg/lit تا ۱/۱۷۱ mg/lit در T = ۳۵°C با شیب بیشتری به میزان ۱/۲۷٪ کاهش می یابد که میزان کل کاهش برابر ۱/۳۲/۴۶٪ می باشد.

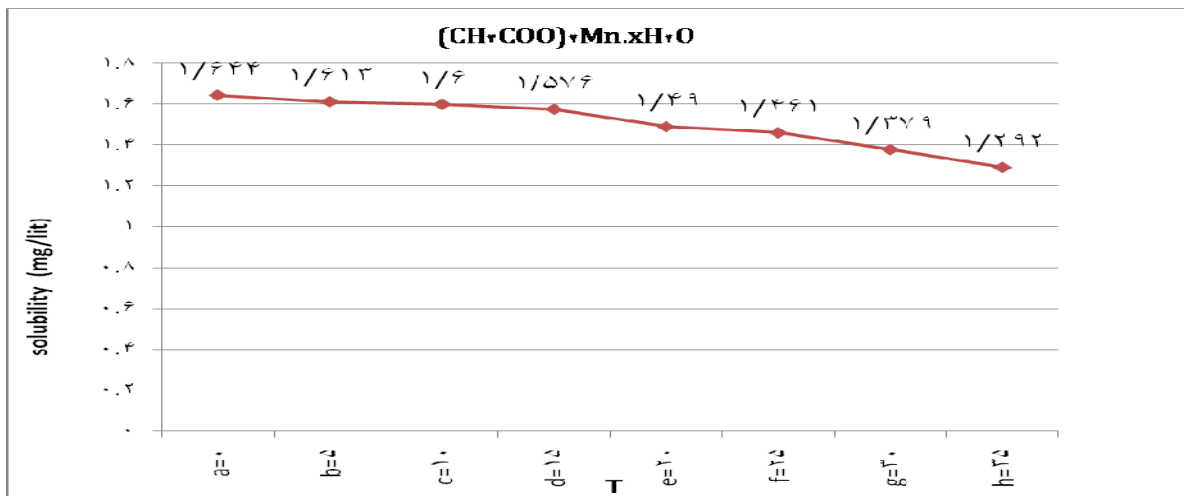
در نمودار ۱۱ حلالیت سولفات منگنز با افزایش دما از T = ۰°C تا T = ۱۵°C با شیب ملایمی از ۱/۷۳۴ mg/lit به ۱/۶۲ mg/lit به میزان ۱/۶۱/۵۷٪ کاهش می یابد. سپس از مقدار



نمودار ۱۱- تغییرات حلالیت سولفات منگنز با تغییرات دما

در نمودار ۱۲ نیز حلالیت استات منگنز با افزایش دما از $T = 0^{\circ}\text{C}$ تا $T = 15^{\circ}\text{C}$ با شیب ملایمی از 1.734 mg/lit به 1.644 mg/lit کاهش می یابد. سپس از 1.576 mg/lit تا 1.292 mg/lit در $T = 35^{\circ}\text{C}$ با شیب بیشتری به میزان 1.18% کاهش می یابد که میزان کل کاهش برابر 21.41% می باشد

در نمودار ۱۱ نیز حلالیت استات منگنز با افزایش دما از $T = 0^{\circ}\text{C}$ تا $T = 15^{\circ}\text{C}$ با شیب ملایمی از 1.734 mg/lit به 1.644 mg/lit کاهش می یابد. سپس از 1.576 mg/lit تا 1.292 mg/lit در $T = 35^{\circ}\text{C}$ با شیب بیشتری به میزان 1.18% کاهش می یابد که میزان کل کاهش برابر 21.41% می باشد



نمودار ۱۲- تغییرات حلالیت استات منگنز با تغییرات دما

تغییرات pH، قلیائیت و درجه حرارت در جدول ۴ آورده شده است.

همچنین درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول ترکیبات سولفات و استات آهن و منگنز، با

جدول ۴- درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول

(CH ₃ COO) ₂ Mn.XH ₂ O	MnSO ₄	(CH ₃ COO) ₃ Fe.xH ₂ O	FeSO ₄	
%۲۳	%۸۶/۲۱	%۱۰/۱۸	%۷۳/۵۵	pH
%۱۶/۴۶	%۱۵/۲۴	%۱۳/۶	%۹/۸	alkalinity
%۲۱/۴۱	%۳۲/۴۶	%۸/۸	%۱۵	temperature

جدول ۵- دامنه تغییرات حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن و منگنز، با تغییرات pH، قلیائیت و درجه حرارت

(CH ₃ COO) ₂ Mn.XH ₂ O	MnSO ₄	(CH ₃ COO) ₃ Fe.xH ₂ O	FeSO ₄	
%۲۴/۱۵-۱۸/۶	%۸۹/۶-۱۲/۳۵	%۴/۹۱-۴/۴۱	%۳۸/۲۸-۷/۱۱	pH
%۸۷/۱۵-۷۲/۸	%۸۴/۶۵-۷۱/۷۵	%۶/۶۲-۵/۷۲	%۵/۳۹-۴/۸۶	alkalinity
%۸۲/۲-۶۴/۶	%۸۶/۷-۵۸/۵۵	%۱۶/۳۶-۱۴/۹	%۱۷/۵۹-۱۴/۹۵	temperature

نتیجه گیری

است که افزایش pH به تنهایی بیشترین تاثیر را بر کاهش حلالیت ترکیبات آلی و معدنی منگنز دارد. در حالی که برای کاهش حلالیت ترکیبات آلی و معدنی آهن باید شرایط بهینه ای را از نظر قلیائیت و pH در نظر گرفت. همچنین با افزایش درجه حرارت حلالیت کاهش می یابد که مطابق نتایج جدول ۴، درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول با افزایش درجه حرارت در ترکیبات منگنز بیشتر از ترکیبات آهن و در ترکیبات معدنی بیشتر از ترکیبات آلی می باشد. در کل آزمایشات حدود ۹۰٪ منگنز در آب به صورت محلول وجود داشت در حالی که حداکثر حلالیت آهن کمتر از ۴۰٪ بود.

منابع

۱. ناصری، سیمین، ۱۳۸۱، مدیریت کیفیت آب در دریاچه ها و رودخانه ها، موسسه علمی و فرهنگی. نص.
۲. عباس پور، مجید، مهندسی محیط زیست (جلد اول)، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.

بنابر نتایج جدول ۵ پایین ترین دامنه حلالیت سولفات آهن مربوط به فاکتور قلیائیت می باشد که کمترین مقدار حلالیت سولفات آهن در قلیائیت ۴۰۰ به میزان ۰/۴۸۶ mg/lit است در حالی که مطابق جدول ۴ افزایش pH تا pH=۱۰ بیشترین تاثیر را بر کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول سولفات آهن به میزان ۷۳/۵۵٪ دارد. پایین ترین دامنه حلالیت استات آهن مربوط به فاکتور pH می باشد که کمترین مقدار حلالیت استات آهن در pH=۱۲ برابر ۰/۴۴۱ mg/lit است در حالی که بیشترین درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول استات آهن متعلق به افزایش میزان قلیائیت تا ۴۰۰ است که برابر ۱۳/۶٪ می باشد. در سولفات و استات منگنز پایین ترین دامنه حلالیت و بیشترین مقدار کاهش حلالیت از حداکثر مقدار محلول مربوط به فاکتور pH می باشد که در مورد سولفات منگنز کمترین مقدار حلالیت در pH=۱۲ برابر ۰/۲۴۷mg/lit و درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول با افزایش pH برابر ۸۶/۲۱٪ می باشد و در استات منگنز کمترین مقدار حلالیت در pH=۱۲ برابر ۰/۳۷۲mg/lit و درصد کاهش مقدار حلالیت از حداکثر مقدار محلول با افزایش pH برابر ۲۳٪ می باشد. این نتایج نشان دهنده این

9. A.K. SenSupta, 2002, Environmental Separation of Heavy Metals, Engineering processes, CRC Press LLC.
10. Babel. S, D. D. Dacera, 2005, Heavy Metal Removal from Contamination Sludge for Land Application: A Review, waste management.
11. Sawyer & McCaty, 1985, Chemistry for Environmental Engineering. 3rdEd.
12. Christer Ponter, 1990, temporal variations in dissolved and suspended iron and manganese in the Kalix River, northern Sweden, Chemical Geology, volume 80
13. Jeroen .T. M, Horizontal gradient of the chemical speciation of iron in surface waters of the northeast Atlantic ocean ,marine chemistry ,volume 80.
۳. شریعت پناهی، محمد، ۱۳۷۱، اصول کیفیت و تصفیه آب و فاضلاب، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
4. Breland, E.D., and Robinson, L. R., Jr., 1976, Iron and Manganese removal from low alkalinity groundwater, Mississippi state University, MS.
5. Oconner, J.T., 1971, Water Quality and treatment, American Water Works Association, Inc, Denver.
6. Larry D. Benefield, 1985, Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New jersey.
7. A.P.H.A, A.W.W.A, W.P.C.F, 1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. Washington, D.C.
۸. کی نژاد، محمد علی، ۱۳۷۶، مهندسی محیط زیست (جلد اول)، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند .