



بررسی نقش مصب رودخانه های شمالی ایران در کاهش بار ورودی فلزات سنگین به دریای خزر

علی معرفت¹، ساناز حسنی²، عبدالرضا کرباسی³

- 1 کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، گرایش سواحل، دانشگاه تهران (ali.marefat@ut.ac.ir)
2 کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، گرایش منابع آب، دانشگاه تهران (s.hasani@ut.ac.ir)
3 دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران (akarbasi@ut.ac.ir)

چکیده

سالانه مقادیر قابل توجهی از فلزات سنگین از طریق مصب رودخانه ها روانه دریاها می شوند که بخشی از آنها به واسطه برخورد آب شیرین رودخانه ها و آب شور دریاها در ناحیه مصبی، به صورت لخته و غیر محلول در می آیند. هدف این پژوهش، در مرحله اول بررسی توان خودپالایی 14 مصب منتهی به دریای خزر در حذف فلزات سنگین فلزات روی، مس، منگنز، سرب و نیکل بصورت لخته های پنبه ای شکل از طریق فرایند فلوکلاسیون می باشد. در مرحله دوم نیز عوامل تاثیرگذار بر این فرایند پرداخته می شود. نتایج نشان می دهد که بطور متوسط توان مصب های شمالی ایران در حذف فلزات سنگین روی، منگنز، مس، نیکل و سرب بترتیب برابر 61، 57، 42، 37 و 24 درصد می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که عامل pH مهمترین پارامتر کنترل کننده فرایند لخته شدن فلزات روی و مس می باشد. میزان نیترات کل عمدتاً فرایند فلوکلاسون دو فلز سرب و نیکل را کنترل می کند و درانتها تغییرات رژیم شوری در ناحیه اختلاط مصبی مهمترین پارامتر تاثیر گذار بر حذف فلز منگنز بصورت لخته های پنبه ای شکل در مصب های منتهی به دریای خزر می باشد.

کلمات کلیدی: لخته سازی، فلزات سنگین، مصب، رودخانه سفیدرود، دریای خزر.

مقدمه

یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده حیات انسانی و کره زمین، افزایش بی سابقه آلاینده های زیست محیطی از جمله فلزات سنگین است که این معضل به علت رشد سریع جمعیت و گسترش تکنولوژی بوجود آمده است. این عناصر به دلیل اثرات فیزیولوژیکی آنها بر موجودات و محیط زیست بسیار حایز اهمیت هستند [1]. فلزات سنگین به گروهی از عناصر اطلاق می شود که عدد اتمی آنها بزرگتر از عدد اتمی استرانسیوم (Sr) یعنی بیشتر از 33 باشد [2]. این عناصر یا به صورت محلول و یا به صورت غیر محلول و در سطح یا درون ذرات معلق و خاک وارد رودخانه ها می گردند و پس از ورود به محیط رودخانه ممکن است دستخوش تغییرات



مختلف در فازهای فیزیکی و شیمیایی شده و از حالت محلول به غیر محلول و یا به عکس تغییر فاز دهند. همچنین این عناصر هنگام تغییر فاز ممکن است پیوندهای مختلف شیمیایی برقرار نموده و یا از پیوندهای مختلف آزاد شوند [3، 4].

عناصر سنگین توسط رودخانه‌ها حمل شده و از طریق مصب‌ها وارد دریا می‌شوند. مصب‌ها فصول مشترک عمده‌ی بیوژئوشیمیایی بین خشکی و دریا [5] و به عبارتی نقطه‌ی تلاقی آب شور و شیرین هستند و به جهت تنوع بالای گیاهی و جانوری از پرتولیدترین اکوسیستم های دریایی هستند [1، 6، 7، 3]. مصب‌ها از دیدگاه زیست، حیات و وقوع فرآیندهای ژئوشیمیایی بسیار حائز اهمیت می‌باشند [7]. آب مصب حاوی مقاویر فراوانی از مواد مغذی (نیترات و فسفات) بوده که توسط آب شیرین رودخانه‌ها تأمین شده و موجبات برقراری اجتماعات بیولوژیکی را فراهم می‌کند. عناصر شیمیایی محلول در آب رودخانه‌ها، در نتیجه اختلاط مصبی تحت تاثیر واکنش‌های مختلفی نظیر لخته سازی و جذب و دفع قرار می‌گیرند [1، 9، 11].

وقتی آب رودخانه‌ها در محل مصب با آب شور دریا تلاقی می‌کند، نیروهای دافعه بین ذرات با بارهای همنام به دلیل افزایش شوری تحت تاثیر نیروهای با بار مخالف قرار می‌گیرند و نیروهای درون ذرات و میان ذرات به نیروهای جاذبه تبدیل می‌گردد. پس از اینکه ذرات به صورت کلوییدی شکسته می‌شوند، تشکیل لخته‌ها را داده و ته‌نشین خواهند شد [5، 11].

فرآیند لخته‌سازی از جمله فرآیندهای فیزیکوشیمیایی مهمی است که بواسطه برخورد و اختلاط آب‌های شیرین و شور در ناحیه مصب رودخانه‌ها بوقوع می‌پیوندد، و در اثر آن مقادیر زیادی از فلزات سنگین بصورت رشته‌های پنبه‌ای شکل غیرمحلول به فرم مواد مغذی بسیار ریز، از فاز محلول خارج می‌شوند [12، 13، 14، 15، 16].

وقوع این فرآیند در مصب رودخانه‌ها، نقش مهمی در بهبود و حفظ شرایط اکولوژیکی و زیستی این اکوسیستم ها و نیز دریاها به عنوان مهمترین زیستگاه های مهاجرت و تخم ریزی ماهیان بر عهده دارد. طی فرآیند لخته سازی، فلزات محلول در آب به فاز غیرمحلول منتقل می‌شوند [1، 14، 17]. بنابراین می توان گفت که مصب رودخانه‌ها به صورت یک فیلتر طبیعی عمل کرده و بدین طریق از ورود بخش بزرگی از آلاینده ها، بویژه آلاینده‌های فلزی به دریاها جلوگیری می نماید.

تاکنون مطالعات بسیاری بر روی فرآیند لخته سازی و عوامل کنترل کننده آن نظیر شوری، pH، ضریب هدایت الکتریکی (EC)، DO و [32، 33، 31، 30، 29، 28، 27، 25، 24، 20، 22، 23، 18، 19، 20، 21، 22، 23، 24، 25، 27، 28، 29، 30، 31، 32، 33، 34، 35، 36] و کربن آلی محلول (DOC) [26، 25، 37] صورت گرفته است.

هدف اول این پژوهش بررسی فرآیند فلوکلاسیون فلزات سنگین Cu، Mn، Zn، Pb و Ni در محیط مصبی ناشی از اختلاط آب شیرین رودخانه سفیدرود با آب شور دریای خزر می باشد. همچنین از طریق آنالیز خوشه ای تاثیر پارامترهای شوری، اکسیژن محلول، pH و پتانسیل ردوکس (Eh) بر ظرفیت خودپالایی مصب رودخانه سفیدرود بررسی می‌شود. هدف دوم این پژوهش نیز مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی مصب‌های مختلف منتهی به دریای خزر و بررسی نقش فرآیند لخته‌سازی در حذف فلزات سنگین می‌باشد. در انتها به



بررسی مکانیزم های موثر بر لخته شدن فلزات سنگین در مصب رودهای منتهی به دریای خزر پرداخته می شود.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریای خزر که یکی از زیرحوضه های شش گانه درجه یک کشور می باشد در بخش جنوبی دریای خزر واقع و از هفت زیرحوضه شامل اترک، گرگانرود-قره سو، هراز-قره سو، بین سفیدرود و هراز، تالش و اترک تشکیل شده است.

رودخانه سفیدرود واقع در پایاب سد سفیدرود می باشد که در شمال غرب ایران و در استان گیلان واقع شده است. این محدوده با وسعت 2835 کیلومتر مربع به یکی از بزرگترین حوضه های آبریز کشور بین طول های جغرافیایی 4915 تا 5005 شرقی و عرض های 3640 تا 3805 شمالی قرار گرفته و از شمال به دریای خزر، از جنوب به حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان و از غرب به رشته کوه های البرز و از سمت شرق به حوضه آبریز بین سفید رود و هراز محدود می گردد. طول سفیدرود از سد سفیدرود تا مصب حدود 115 کیلومتر می باشد و دارای 2 سرشاخه اصلی است، شاخه شاهرورد که در جنوب شرقی- شمال غربی و شاخه قزل اوزون که در جهت جنوب به شمال جریان دارد. الموت رود و طالقان رود سرشاخه های اصلی شاهرود می باشند. سرشاخه های مهم قزل اوزون نیز عبارتند از قزل اوزون علیا (سراب قزل اوزون)، تلوار، زنجان رود، قرنقچای، شهرچای، آیدوغموش و سوجاس. سفید رود پس از پدید آمدن از این دوشاخه مهم در جهت شمال جریان یافته و از داخل دره های باریک و طولانی می گذرد، رشته ارتفاعات البرز را قطع کرده و وارد دشت گیلان می شود. سپس این دشت را مشروب نموده و با یک دلتای وسیع وارد دریای خزر می شود. سفیدرود در زیباکنار واقع در 30 کیلومتری شمال شرق رشت به دریا وصل می شود. شهرهای رشت، طالقان، لوشان، بیجار، لاهیجان، سیاهکل، آستانه اشرفیه و رودبار در این محدوده مطالعاتی قرار می گیرند. بر روی سرشاخه اصلی این رودخانه در منجیل و پایین دست تلاقی دو شاخه قزل اوزون و شاهرود، سد عظیم سفیدرود و پس از آن سدهای انحرافی تاریک، کله رود و سنگر احداث گردیده است که با استفاده از ذخیره سازی و بالا آوردن سطح آب رودخانه، مناطق وسیعی از گیلان را آبیاری می نماید. حوضه آبریز سفیدرود بزرگ در تقسیم بندی کل هیدرولوژی ایران، بخشی از حوضه آبریز دریای خزر حساب می شود و در محدوده تلاقی رشته کوه های البرز و زاگرس و مرکز قرار دارد. مساحت این حوضه برابر با 59196 کیلومتر مربع بوده که 75/4 درصد آن را مناطق کوهستانی و حدود 24/6 درصد آن را دشت و کوهپایه تشکیل داده است. بخش هایی از یازده استان کشور در محدوده حوضه آبریز سفیدرود قرار می گیرد. موقعیت زیر حوضه رودخانه سفید رود در کشور در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- حوضه رودخانه سفیدرود

مواد و روش‌ها

نمونه های آب رودخانه و دریا از منطقه ای از رودخانه و دریا که امکان نفوذ آب شیرین و شور وجود نداشته باشد برداشته می شود. پارامترهایی مانند pH، شوری، پتانسیل رد اکس، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول که بیش از 6 ساعت تغییر غلظت می دهند در محل اندازه گیری شدند. نمونه ها در ظرف های پلاستیکی 21 لیتری جمع آوری شده و به آزمایشگاه در تهران انتقال یافت.

هر دوی نمونه های آب شیرین و شور پس از انتقال به آزمایشگاه در تهران به مدت 24 ساعت، به منظور ته نشینی ذرات معلق و گل و لای آن ها، به حالت سکون نگه داشته باشد. سپس هر دو نمونه بطور جداگانه توسط فیلتر پوستی 1/22 میکرومتر فیلتراسیون می شود (در صورت کثیف شدن فیلترها آن ها را تعویض می کنیم). دو نمونه فیلتر شده را به دو ظرف تمیز دیگر (که از قبل با اسید نیتریک غلیظ شستشو داده شده است) منتقل کرده و سپس با رعایت نسبت های توافقی آب شیرین و شور (جدول 1)، به داخل 5 آکواریوم که آن ها نیز با اسید نیتریک شستشو داده شده اند، انتقال یافتند. در شکل 2 بصورت شماتیک و خلاصه، روش آزمایش لخته سازی آورده شده است.

جدول 1- نسبت اختلاط آب رودخانه با آب دریای خزر

آکواریوم	حجم آب شیرین (سی سی)	حجم آب شور (سی سی)	S(%)
1	511	41	1
2	511	61	1.4
3	511	31	2.1
4	511	111	2.5

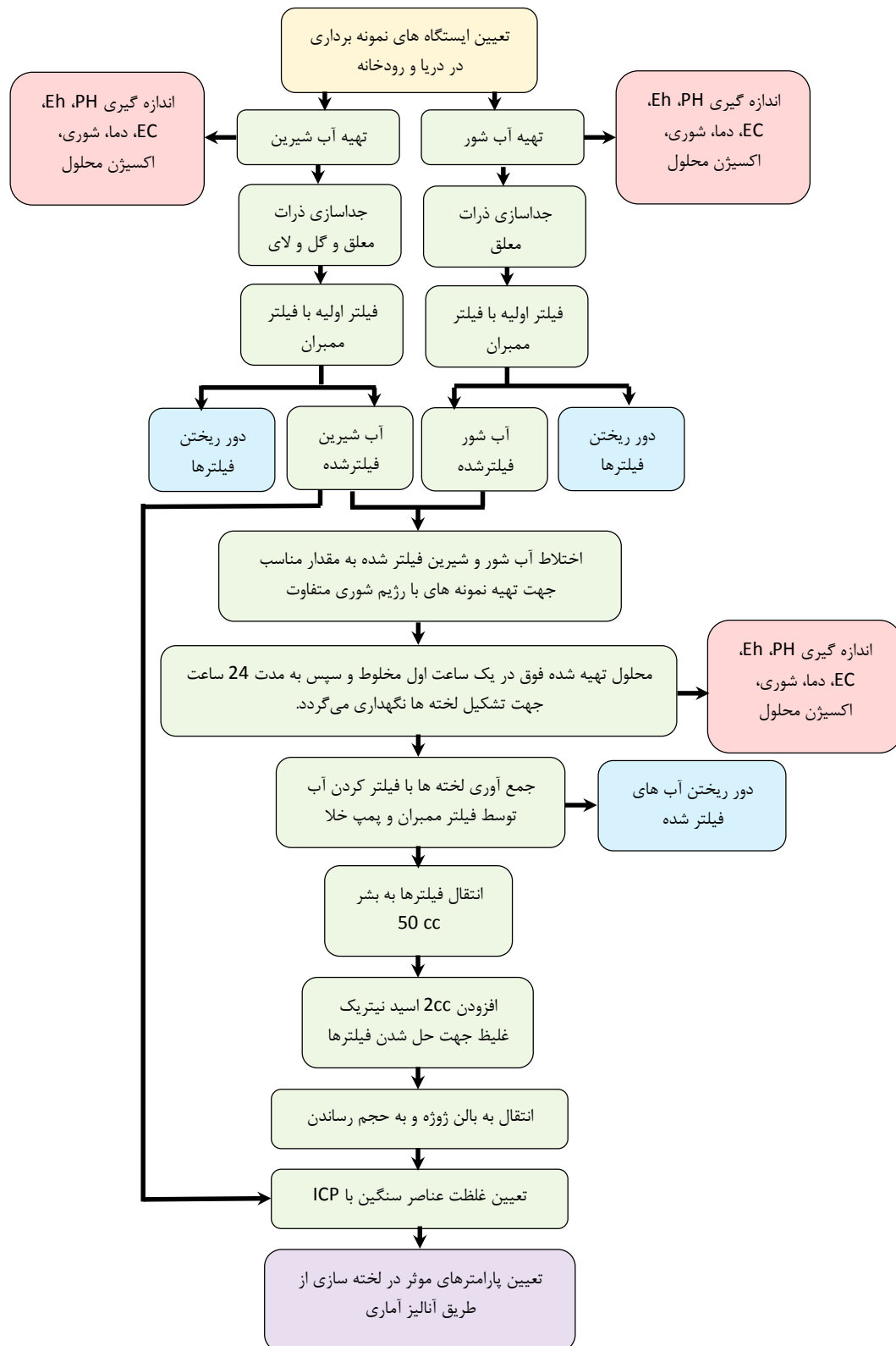


3.4

121

511

5



شکل 2- روند انجام آزمایش



نحوه آماده سازی نمونه ها برای تحویل به آزمایشگاه به این صورت می باشد که فیلتر حاوی لخته ها در 5 میلی لیتر اسید نیتریک حل شده و سپس به حجم 25 میلی لیتر رسانده می شود و به آزمایشگاه تحویل داده می شود. همچنین آب رودخانه به میزان 10 میلی لیتر جدا شده و 2 میلی لیتر اسید نیتریک به آن اضافه می شود و به آزمایشگاه تحویل داده می شود. نحوه ی تبدیل نتایج آزمایشگاهی به نتایج واقعی در جدول 2 و روابط 1 الی 4 نشان داده شده است.

جدول 2- تعریف پارامترهای تعیین حذف فلزات سنگین از نتایج آزمایشگاه

پارامترها	تعریف پارامترها
C_S (mg/l)	جواب آزمایشگاه برای نمونه ها (غلظت فلزات در نمونه یا در واقع غلظت فلزات لخته شده روی فیلتر با توجه به حجم نمونه)
C_{RS} (mg/l)	جواب آزمایشگاه برای نمونه رودخانه (غلظت فلزات در نمونه رودخانه)
V_1 (l)	حجم نمونه تحویلی به آزمایشگاه (فیلترهای هضم شده)
V_2 (l)	حجم آب رودخانه در آکواریوم ها
M (mg)	جرم فلزات سنگین موجود در نمونه تحویلی به آزمایشگاه
C_R (mg/l)	غلظت واقعی فلزات موجود در رودخانه
C_{HM} (mg/l)	غلظت فلزات سنگین لخته شده در آکواریوم ها
R (%)	درصد حذف یا لخته سازی فلزات

1. محاسبه غلظت واقعی فلز موجود در آب رودخانه C_R (mg/l)

$$C_R \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{جرم فلز موجود در نمونه رودخانه تحویلی به آزمایشگاه}}{\text{حجم واقعی نمونه رودخانه}} = \frac{C_{RS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times 0.012 (\text{l})}{0.010 (\text{l})} \quad \text{رابطه-1}$$

2. محاسبه جرم فلزات سنگین موجود در نمونه تحویلی به آزمایشگاه M (mg) (جرم فلزات لخته روی فیلتر)

$$M \text{ (mg)} = C_S \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times V_1 (\text{l}) = C_S \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times 0.025 (\text{l}) \quad \text{رابطه-2}$$

3. محاسبه غلظت فلزات سنگین لخته شده در آکواریوم با توجه به حجم آب رودخانه C_{HM} (mg/l)

$$C_{HM} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{جرم فلز لخته شده}}{\text{حجم آب رودخانه در آکواریوم}} = \frac{M \text{ (mg)}}{V_2 (\text{l})} = \frac{M \text{ (mg)}}{0.5 (\text{l})} \quad \text{رابطه-3}$$



4. محاسبه درصد حذف یا لخته سازی فلزات R(%)

$$R(\%) = \frac{\text{غلظت لخته شده}}{\text{غلظت اولیه}} \times 100 = \frac{C_{HM}(\text{mg/l})}{C_R(\text{mg/l})} \times 100 \quad \text{رابطه-4}$$

نتایج و تفسیر یافته‌ها

جدول 3 نشان دهنده میزان لخته شدن فلزات Cu, Ni, Mn, Pb, Zn و همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (pH, EC, DO, Eh) است. برای لحاظ کردن شرایط طبیعی مصب، باید مقادیر لخته تولید شده در هر مرحله از مرحله پیشین آن کم شود. زیرا در طبیعت آب رودخانه پس از برخورد با اولین آب شور غلظت عناصر خود را کاهش داده و آب با غلظت عناصر کمتر به مرحله بعدی مصب انتقال می‌یابد [33]. بنابراین جدول بدست آمده از نتایج باید به حالت طبیعی باز سازی شود (جدول 4).

همانطور که در جدول 3 مشخص است، عنصر Mn رفتار نسبتاً خوددار از خود نشان داده است و به مقدار جزیی لخته شده است. عنصر Pb با درصد لخته سازی صفر درصد، رفتار کاملاً خوددار از خود نشان داده است. عنصر Zn با درصد حذف ۱۰۰ درصد (برای اولین بار) رفتار کاملاً غیرخوددار از خود نشان داده است. عناصر Ni و Cu نیز به ترتیب با درصد حذف های 41 درصد و 55 درصد، رفتار غیر خوددار از خود نشان داده اند.

در نهایت الگوی عمومی درصد لخته سازی بصورت زیر می باشد:

$$Zn (111\%) > Cu (55\%) > Ni (41\%) > Mn (4\%) > Pb (0\%)$$

جدول 3- میزان غلظت عناصر در لخته‌سازی آزمایشگاهی به همراه پارامترهای کیفی آب رودخانه

Sample	Mn (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	S(‰)	EC (µs/cm)	pH	DO	ORP (mV)
River Water	40	2	50	5	10	0.5	2.5	7.2	8.1	108
1	1.02 (2.5)	0	23.9 (47.8)	0.55 (11)	5.4 (54)	1	3.3	7.8	8.1	100
2	0.26 (0.6)	0	30 (60)	0.5 (16)	5.5 (55)	1.5	3.9	8	7.7	114
3	0.5 (1.2)	0	43.6 (87.2)	0.7 (14)	2.4 (24)	2	4.8	8.1	7.5	136
4	1.4 (3.5)	0	50 (100)	1.5 (30)	1.6 (16)	2.5	5	8.1	7.4	138
5	1.6 (4)	0	35.9 (71.8)	0.23 (6.4)	1.4 (14)	3	5.6	8.1	6.8	139



مقادیر داخل پرانتز درصد لخته سازی را نشان می دهد

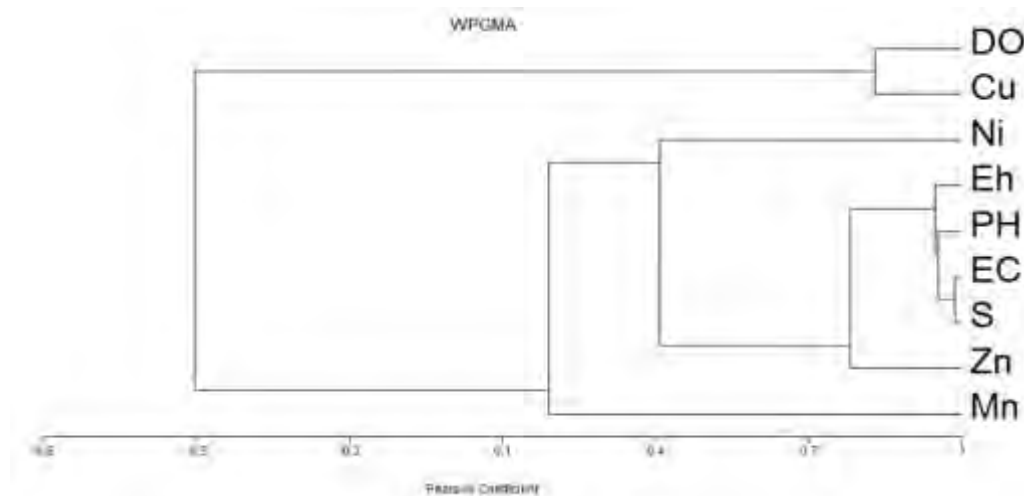
جدول 4- میزان غلظت عناصر در لخته سازی طبیعی به همراه پارامترهای کیفی آب رودخانه

Sample	Mn ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	Zn ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	S(‰)	EC ($\mu\text{s/cm}$)	pH	DO	Eh (mV)
River Water	40	2	50	5	10	0.5	2.5	7.2	8.1	108
1	1.02 (2.5)	0	23.9 (47.8)	0.55 (11)	5.4 (54)	1	3.3	7.8	8.1	100
2	0	0	6.1 (12.2)	0.5 (11)	0.1 (1)	1.5	3.9	8	7.7	114
3	0	0	13.6 (27.2)	0.3 (5)	0	2	4.8	8.1	7.5	136
4	0.39 (1)	0	6.4 (12.8)	0	0	2.5	5	8.1	7.4	138
5	0.2 (0.5)	0	0	0.7 (14)	0	3	5.6	8.1	6.8	139
Total	1.6 (4)	0	50 (100)	2 (41)	5.5 (41)					

مقادیر داخل پرانتز درصد لخته سازی را نشان می دهد

نمودار دندوگرام به منظور بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی موثر بر لخته سازی فلزات سنگین با نرم افزار MVSP رسم شده است (شکل 2). همانگونه که از شکل پیداست، لخته سازی عنصر روی تحت تاثیر پارامترهای شوری، هدایت الکتریکی، pH و Eh است. اکسیژن محلول با ضریب همبستگی بالا (نزدیک به ۰/۸) تنها عامل کنترل کننده لخته سازی عنصر مس است.

همچنین نتایج آنالیز نشان می دهد که هیچ یک از پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق، موثر بر لخته سازی عناصر منگنز و نیکل نبوده است و بررسی لخته سازی این عناصر نیاز به مطالعات بیشتر دارد.



شکل ۳- دندروگرام آنالیز خوشه ای در آزمایش لخته سازی

در نهایت با توجه به غلظت اولیه فلزات محلول در آب رودخانه سفید رود
[Mn(44 µg/L), Pb(24 µg/L) , Zn(54 µg/L), Ni(5 µg/L), Cu(14 µg/L)]

و میانگین دبی سالیانه $3122 \times 10^6 \frac{m^3}{Year}$ رودخانه سفید رود، دبی سالیانه فلزات محلول Cu و Ni, Zn, Pb, Mn ورودی به دریای خزر از طریق مصب سفید رود به ترتیب برابر 124، 62، 155، 15/5 و 31 تن در سال می باشند. اما مطالعه حاضر نشان دهنده ی این است که بتریب 41، 1111141 و 55 درصد از فلزات Cu و Ni, Zn, Pb, Mn در طی فرآیندی مصبی لخته می شود. در نتیجه میانگین دبی سالیانه فلزات Cu و Ni, Zn, Mn بترتیب از 124، 15/5 و 31 تن در سال باید به ترتیب به 74119/4 و 14 تن در سال کاهش یابد. فلز Pb بدون هیچ گونه لخته ای و کاهشی با بار 62 تن در سال از طریق مصب سفید رود وارد دریای خزر می شود.

به منظور مطالعه و مقایسه سایر مطالعاتی که بر روی مصب های منتهی به دریای خزر انجام شده است، گزارش مختصری از آزمایشات انجام شده در جداول 4 و 5 تهیه شده است.



همایش ملی دانش و فناوری
علوم کشاورزی ، منابع طبیعی و محیط زیست ایران

WWW.MDCONF.IR

info@mdconf.ir





جدول ۴ - خلاصه ای از پارامترهای اندازه

گیری شده در رودخانه های منتهی به دریای خزر، درصد حذف عناصر و بار ورودی به دریا

بار ورودی به دریا (ton/year)	غلظت اولیه ($\mu\text{g/L}$)	درصد حذف طبیعی	شوری رودخانه	دریا	رودخانه	فلزات سنگین	مراجع
7.34	82	34				Zn	نویسنده
0.95	27	74				Cu	سال
1.37	26	61	0.22	مازندران	شیرود	Pb	Karbassi, A.R. and Nadjafpour, N
-	-	-				Ni	1996
0.91	16	58				Mn	
0.5	59	95.6				Zn	
1.2	11.2	41.7				Cu	
-	-	-	0.16	مازندران	تجن	Pb	Saeedi, M et al
6.8	39	7.1				Ni	2003
2.1	23.5	51.7				Mn	
12.9	95	85.5				Zn	
20.44	36	39.6				Cu	
15.5	25	33.7	0.23	مازندران	هراز	Pb	Karbassi, A.R et al
37.5	45	11.3				Ni	2008b
10.5	25	55.2				Mn	
5.01	90	87.22				Zn	
11.44	41	36.58				Cu	
5.9	22	39.09	0.2	مازندران	تالار	Pb	Karbassi A R, Nouri J and Ayaz G O
19.6	51	12.7				Ni	2007
7.7	32	45.31				Mn	
12.1	85	74.6				Zn	
2.57	20.8	77.9				Cu	
7.6	22	38.2	0.21	مازندران	بابلرود	Pb	Karbassi A R et al
19.74	40.15	12.2				Ni	2008
3.9	19.7	64.97				Mn	



ادامه جدول ۴ - خلاصه ای از پارامترهای اندازه گیری شده در رودخانه های منتهی به دریای خزر، درصد حذف عناصر و بار ورودی به دریا

بار ورودی به دریا (ton/year)	غلظت اولیه ($\mu\text{g/L}$)	درصد حذف طبیعی	شوری رودخانه	دریا	رودخانه	فلزات سنگین	مراجع
سال	نویسنده						
83.25	220	72.72				Zn	
124.9	190	52.63				Cu	
-	-	-	0.3	مازندران	گرگان رود	Pb	Fazelzadeh M. et al
-	-	-				Ni	
124.8	1080	91.66				Mn	
0.42	64	80.9				Zn	
0.4	16.7	30.5				Cu	
1.05	38.5	19.5	0.23	مازندران	سیاهرود	Pb	Biati A, Karbassi A,R.
0.55	22	25.9				Ni	
0.34	24.5	58.3				Mn	
-	-	-				Zn	
-	-	-				Cu	
1.1	18	66.6	0.32	مازندران	شفارود	Pb	Shamkhali Chenar, S et al
61	377	73.4				Ni	
-	-	-				Mn	
20.5	66	21.21				Zn	
12	39	23.08				Cu	
4	22	45.5	0.1	مازندران	چشمه کیله	Pb	Karbassi,A,R et al
22.2	76	26.39				Ni	
23.5	190	68.79				Mn	
266	230	30.43				Zn	
149.04	33	18.18				Cu	
0	10	100	0.16	مازندران	ارس	Pb	Karbassi; A R
31.94	16	62.5				Ni	
53.23	16	25				Mn	



ادامه جدول ۴ - خلاصه ای از پارامترهای اندازه گیری شده در رودخانه های منتهی به دریای خزر، درصد حذف عناصر و بار ورودی به دریا

بار ورودی به دریا (ton/year)	غلظت اولیه ($\mu\text{g/L}$)	درصد حذف طبیعی	شوری رودخانه	دریا	رودخانه	فلزات سنگین	مراجع
12.8	127	60.04				Zn	نویسنده
7.72	44	30.3				Cu	سال
3.57	22	36.63	0.21	مازندران	کرگانرود	Pb	Karbassi A.R et al
8.1	38	14.8				Ni	2014
0.47	36	94.8				Mn	
4.92	143.9	38.45				Zn	
4.37	37.47	24.82				Cu	
0.41	16.3	75.14	0.24	مازندران	ناورود	Pb	Karbassi A.R et al
1.45	74.5	79.05				Ni	2015
3.06	29.55	17.97				Mn	
35	890	24.32				Zn	
0.6	34	64.7				Cu	
1.5	37	24.32	0.16	مازندران	چالوس	Pb	Karbassi A.R; Heidari.M
0.5	25	68				Ni	2003
1.2	102	76.47				Mn	
0	50	100				Zn	
14	10	41				Cu	
62	20	0		مازندران	سفیدرود	Pb	تحقیق حاضر
9	5	41				Ni	
74.4	40	4				Mn	



جدول ۵- بررسی پارامترهای موثر بر فرآیند لخته سازی در رودخانه های منتهی به دریای خزر

مراجع	فلزات سنگین	رودخانه	رنج موثر شوری	شوری	pH	DOC	EC	Eh	SO4	PO4	NO3	TH	TOC	Nt	NaClO	DO	T	TDS
نویسنده	سال	Zn		o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Karbassi, A.R. and Nadjafpour, N	1996	Cu	شیروود	3.2-6.1	o	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Pb			+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Ni			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Mn			+	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Saeedi, M et al	2003	Zn	تجن	1.5-5.5	-	+	x	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
		Cu			-	+	x	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
		Pb			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Ni			-	+	x	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
		Mn			-	+	x	-	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x
Karbassi, A.R et al	2008b	Zn	هراز	1.5-4.5	o	+	o	o	x	o	o	x	o	x	+	x	x	x
		Cu			o	+	o	o	x	o	o	x	o	x	+	x	x	x
		Pb			o	?	o	o	x	o	o	x	o	x	?	x	x	x
		Ni			o	+	o	o	x	o	o	x	o	x	+	x	x	x
		Mn			o	?	o	o	x	o	o	x	o	x	?	x	x	x
Karbassi A R, Nouri J and Ayaz G O	2007	Zn	تالار	1.5-3.5	o	+	o	o	x	o	x	o	x	x	+	x	x	x
		Cu			o	+	o	o	x	o	x	o	x	x	+	x	x	x
		Pb			o	+	o	o	x	o	x	o	x	x	+	x	x	x
		Ni			o	+	o	o	x	o	x	o	x	x	+	x	x	x
		Mn			o	+	o	o	x	o	x	o	x	x	+	x	x	x
Karbassi A R et al	2008	Zn	بابلرود	1.5-3.5	o	o	o	o	x	o	o	x	o	x	o	x	x	x
		Cu			o	+	o	o	x	o	+	x	o	x	o	x	x	x
		Pb			o	o	o	o	x	o	o	x	o	x	o	x	x	x
		Ni			o	o	o	o	x	o	o	x	o	x	o	x	x	x
		Mn			o	o	o	o	x	o	o	x	o	x	o	x	x	x

+ اثر مثبت، - اثر منفی، 0: بی تاثیر، x: بررسی نشده، ؟: نیاز به مطالعه بیشتر



ادامه جدول ۵- بررسی پارامترهای موثر بر فرآیند لخته سازی در رودخانه های منتهی به دریای خزر

[illegible]



+ : اثر مثبت، - : اثر منفی، 0 : بی تاثیر، ×

: بررسی نشده، ؟ : نیاز به مطالعه بیشتر

ادامه جدول ۵- بررسی پارامترهای موثر بر فرآیند لخته سازی در رودخانه های منتهی به دریای خزر

مراجع		فلزات سنگین	رودخانه	رنج موثر شوری	شوری	pH	DOC	EC	Eh	SO4	PO4	NO3	TH	TOC	Nt	NaClO	DO	T	TDS
نویسنده	سال	Zn	کرگانرود	0.5-3	0	0	0	×	×	×	×	+	×	×	×	0	×	×	×
		Cu			0	0	0	×	×	×	×	+	×	×	×	0	×	×	×
		Pb			0	0	0	×	×	×	×	0	×	×	×	0	×	×	×
		Ni			0	0	0	×	×	×	×	+	×	×	×	0	×	×	×
		Mn			0	0	0	×	×	×	×	0	×	×	×	+	×	×	×
Karbassi A.R et al	2014	Zn	ناورود	0.63-2.76	0	×	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		Cu			0	×	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		Pb			0	×	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		Ni			+	×	+	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
		Mn			0	×	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
Karbassi,A,R; Heidari,M	2003	Zn	چالوس	1.5-3	+	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	×	×
		Cu			+	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	×	×	
		Pb			0	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	+	×	×	
		Ni			0	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	×	×	
		Mn			+	0	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0	×	×	
تحقیق حاضر		Zn	سفیدرود	1_3	+	+	×	×	+	×	×	×	×	×	×	+	×	×	
		Cu			0	0	×	×	0	×	×	×	×	×	×	0	×	×	
		Pb			?	?	×	×	?	×	×	×	×	×	×	?	×	×	
		Ni			0	0	×	×	0	×	×	×	×	×	×	0	×	×	

+ : اثر مثبت، - : اثر منفی، 0 : بی تاثیر، × : بررسی نشده، ؟ : نیاز به مطالعه بیشتر



همایش ملی دانش و فناوری
علوم کشاورزی ، منابع طبیعی و محیط زیست ایران

WWW.MDCONF.IR

info@mdconf.ir





روی

مطابق آنچه در جداول 4 و 5 آورده شده است می توان برای روند فلوکلاسیون 5 فلز سنگین روی، سرب، مس، نیکل و منگنز هنگام اختلاط مصبی رودهای منتهی به دریا ی خزر به شرح زیر زیر نتیجه گیری کرد.

با توجه به مطالعات انجام شده در سیزده رودخانه منتهی به دریای خزر و جدول 4 مشاهده می شود که بیشترین نرخ لخته سازی فلز روی متعلق به تحقیق حاضر (رود خانه سفید رود) با 100 درصد لخته سازی و کمترین آن متعلق به رودخانه ی چالوس با 24 درصد لخته سازی می باشد. تحقیقات نشان می دهد که متوسط نرخ لخته سازی این عنصر برابر 61 است.

با بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر لخته سازی عنصر روی در مصب رودخانه ها، مشاهده شد که از میان 11 رودخانه ای که تاثیر pH را بر لخته شدن روی در ناحیه اختلاط مصبی بررسی کرده اند، تنها در 7 روخانه ی تجن، تالار، هراز، گرگانرود، چشمه کیله، ارس و سفیدرود این عامل (PH) تاثیر مستقیم بر روند لخته سازی فلز روی دارد.

بعلاوه از میان تنها سه رودخانه ای که رابطه پتانسیل ردوکس را با فرایند لخته شدن فلز روی بررسی کرده اند تنها تحقیق حاضر (روخانه سفیدرود) تاثیر مثبت بر روند لخته سازی فلز روی داشته است.

مطابق جدول 5، از میان سیزده رودخانه ای که رابطه لخته شدن روی را با شوری بررسی کرده اند تنها در سه روخانه های چشمه کیله چالوس و سفیدرود (در ۲۳ درصد موارد) این عامل اثر مثبت بر روند لخته سازی فلز روی داشته است.

با بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر لخته سازی عنصر روی مشاهده شد که از میان پنج رودخانه ای که نترات کل را بررسی کرده اند تنها در دو روخانه ی هراز و تالار (در ۴۰ درصد موارد) این عامل اثر مثبت بر روند لخته سازی فلز روی داشته است.

در انتها مشخص شد که سه پارامتر اکسیژن محلول، کربن آلی محلول و فسفات کل بر روند لخته سازی این عنصر بی تاثیر بودند.

نیکل



12 آزمایش جداگانه به بررسی فلوکلاسیون فلز نیکل در مصب رودخانه های منتهی به دریای خزر پرداخته اند. طبق جدول 4 کمترین نرخ لخته این فلز مربوط به رودخانه تجن با 7 درصد میزان لخته سازی و بیشترین میزان فلوکلاسیون این فلز مربوط به رودخانه ناورود با 88 درصد میزان لخته شدگی می باشد. همچنین بر طبق تحقیقات انجام شده میانگین میزان فلوکلاسیون این فلز در مصب رودخانه های منتهی به دریای مازندران برابر 37 درصد می باشد.

در بررسی فلوکلاسیون نیکل محلول به هنگام اختلاط آب رودخانه با آب دریای خزر، آنالیز های آماری اثبات کردند که فلوکلاسیون نیکل عمدتاً توسط pH محیط کنترل می شود بطوری که در مصب 6 رودخانه تجن، هراز، تالار، سیاهرود، سفارود و چشمه کیله تاثیر مستقیم این پارامتر لخته شدن این فلز در ناحیه اختلاط مصبی گزارش شده است.

مطابق جدول 5 از میان 12 تحقیقی که تاثیر تغییرات رژیم شوری را بر روند لخته شدن فلز نیکل بررسی کرده اند تنها در دو رودخانه چشمه کیله و ارس تغییرات رژیم شوری رابطه مستقیم با لخته شدن نیکل در دهانه مصب داشته اند. همچنین نیکل همانند فلوکلاسیون فلز سرب رابطه عکس با تغییرات رژیم شوری دهانه مصب سفارود دارد.

از میان 3 آزمایشی که رابطه پتانسیل ردوکس را با فرایند لخته شدن فلز نیکل بررسی کرده اند، تنها تاثیر مستقیم این پارامتر بر لخته شدن فلز نیکل در دهانه مصب رودخانه سفارود گزارش شده است.

بنابر تحقیقات انجام شده نیتрат کل روند لخته شدن فلز نیکل را در دهانه 4 مصب هراز، تجن، سیاهرود و کرگانرود کنترل می کند.

همانطور که در جدول 5 مشاهده می شود سایر پارامترها (فسفات کل، اکسیژن محلول و کربن محلول) تاثیری بر روند لخته شدن فلز نیکل در محیط اختلاط مصبی نداشته اند.

مس

مطالعات انجام شده در سیزده رودخانه منتهی به دریای خزر نشان می دهد که بیشترین نرخ لخته سازی فلز مس متعلق به رودخانه شیروود با 74 درصد لخته سازی و کمترین آن متعلق به رودخانه ارس با 15 درصد لخته سازی می باشد. تحقیقات نشان می دهد که متوسط نرخ لخته سازی این عنصر برابر 42 است.



با بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر لخته سازی عنصر مس در مصب رودخانه ها، مشاهده شد که از میان 11 رودخانه ای که تاثیر pH را بر لخته شدن مس در ناحیه اختلاط مصبی بررسی کرده اند، تنها در 7 رودخانه ی تجن، تالار، هراز، گرگانرود، بابلرود، سیاهرود و چشمه کیله این عامل (PH) تاثیر مستقیم بر روند لخته سازی فلز روی دارد.

بر پایه مطالعات سیزده رودخانه ای که رابطه لخته شدن مس را با شوری بررسی کرده اند تنها دو رودخانه ی چشمه و کیله چالوس این عامل اثر مثبت بر روند لخته سازی فلز مس داشته است.

مطالعات انجام شده در پنج رودخانه ای که نیتрат کل را بررسی کرده اند تنها در سه رودخانه ی هراز، سیاهرود و تالار این عامل اثر مثبت بر روند لخته سازی فلز مس داشته است. همچنین از میان 4 رودخانه ای که بررسی رابطه لخته شدن فلز مس با میزان فسفات کل موجود در محیط پرداخته است، تنها در رودخانه بابلرود این پارامتر بر روند لخته شدن فلز مس تاثیر مثبت داشته است.

7 تحقیقی که به بررسی رابطه کربن محلول محیط با فرایند لخته شدن فلز مس پرداخته است، تنها در یک تحقیق که مربوط به رودخانه ناورود می باشد، این پارامتر بر لخته شدن فلز مس در مصب رودخانه تاثیر گذار بوده است.

تاکنون گزارشی مبنی بر تاثیر دو پارامتر اکسیژن محلول و پتانسیل ردوکس محیط بر روند لخته سازی فلز مس طی اختلاط مصبی گزارش نشده است.

سرب

میانگین نرخ لخته شدن فلز سرب از میان 10 مصب مطالعه شده 54 درصد می باشد که بیشترین نرخ لخته آن مربوط به مصب رودخانه ارس با 100 درصد میزان لخته شدگی و کمترین آن مربوط به مصب رودخانه سفید بدون هیچ گونه لخته شدگی می باشد.

در 10 مصبی که رابطه pH محیط با فرایند فلوکلاسیون سرب بررسی شده تنها در دو مصب شفارود و سیاهرود رابطه مستقیم این پارامتر با لخته شدن فلز سرب در اثر اختلاط مصبی گزارش شده است.

از میان 3 تحقیق مجزایی که به مطالعه بررسی رابطه پتانسیل ردوکس محیط مصب بر لخته شدن فلز سرب پرداخته اند، تنها در یک مورد (رودخانه شفارود) رابطه مستقیم این پارامتر بر فرایند لخته شدن این فلز در مصب اعلام شده است.



بر مبنای 12 تحقیقی که به بررسی رابطه شوری محیط با فرایند لخته شدن فلز سرب پرداخته اند، تنها در یک مصب (رودخانه شیروود) رابطه مستقیم شوری با لخته شدن فلز سرب اعلام شده است، در مصب دیگری (رودخانه شفارود) رابطه عکس شوری با فرایند لخته شدن سرب در محیط مصبی اعلام شده است.

با توجه به تحقیق حاضر و مروری بر مطالعات گذشته، به نظر می رسد اکسیژن محلول محیط تنها بر فرایند لخته شدن فلز سرب تاثیر دارد، بطوری که از 4 تحقیقی که به مطالعه رابطه این پارمتر بر روند لخته شدن سرب پرداخته اند، 2 تحقیق (رودخانه های چشمه کیله و چالوس) تاثیر مستقیم اکسیژن محلول محیط را بر فرایند فلوکولاسیون فلز سرب در مصب رودخانه ها اعلام کرده اند.

با بررسی پارامترهای تاثیرگذار بر لخته شدن عنصر سرب در مصب رودخانه ها، مشاهده شد که از میان 5 رودخانه ای که تاثیر نیترات کل محیط را بر لخته شدن سرب در ناحیه اختلاط مصبی بررسی کرده اند، 3 روخانه ی تجن، تالار و سیاهرود (در 63 درصد موارد) این عامل تاثیر مستقیم بر روند لخته سازی فلز سرب دارد.

براساس تحقیقات انجام شده، تاکنون هیچ گزارشی مبنی بر تاثیر کربن محلول و فسفات کل بر لخته شدن فلز سرب اعلام نشده است.

منگنز

مطابق جدول 4 بار کلی منگنز محلول به هنگام آمیخته شدن آب رودخانه ها با دریای خزر می تواند از 4 درصد در تحقیق حاضر تا 94٪ در کرگنرود کاهش یابد. مطابق جدول میانگین نرخ لخته های این فلز در اثر اختلاط مصبی 13 رودخانه منتهی به دریای خزر برابر 57 درصد می باشد.

با بررسی پارامترهای کنترل کننده ی لخته شدن عنصر منگنز در مصب رودخانه ها، مشاهده شد که از میان 11 رودخانه ای که تاثیر pH را بر لخته شدن منگنز در ناحیه اختلاط مصبی بررسی کرده اند، تنها در 3 روخانه ی گرگان رود، سیاهرود و چشمه کیله این عامل (PH) تاثیر مستقیم بر روند لخته سازی فلز منگنز دارد.

در بررسی فلوکولاسیون منگنز محلول به هنگام اختلاط مصبی آب رودخانه با دریای خزر، آنالیزهای آماری نشان دادند که که فلوکولاسیون نیکل عمدتاً توسط شوری محیط کنترل می شود بطوری که در مصب



5 رودخانه شیروود، ارس، کرگانرود چشمه کیله و چالوس تاثیر مستقیم این پارامتر لخته شدن این فلز در ناحیه اختلاط مصبی گزارش شده است.

هر کدام از پارامترهای نیتрат کل و کربن محلول کل تنها در یک آزمایش تاثیر مصب بر فلوکلاسیون فلز منگنز داشته اند که به ترتیب مربوط به رودخانه های سیاهرود و کرگانرود می باشند.

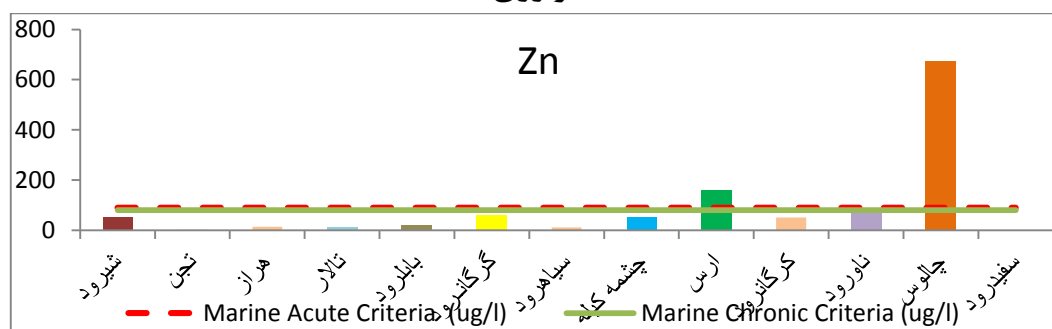
در انتها تاکنون گزارشی مینی بر تاثیر پارامترهای اکسیژن محلول، پتانسیل ردوکس و فسفات کل بر روند لخته سازی فلز منگنز طی اختلاط مصبی گزارش نشده است.

در ادامه میزان عناصر سنگینی که از هر رودخانه به دریای خزر وارد می شود بر اساس چند استاندارد EPA برای زندگی آبزیان و زندگی انسان بر اساس معیار مزمن و حاد (کشنده) بررسی شده است.

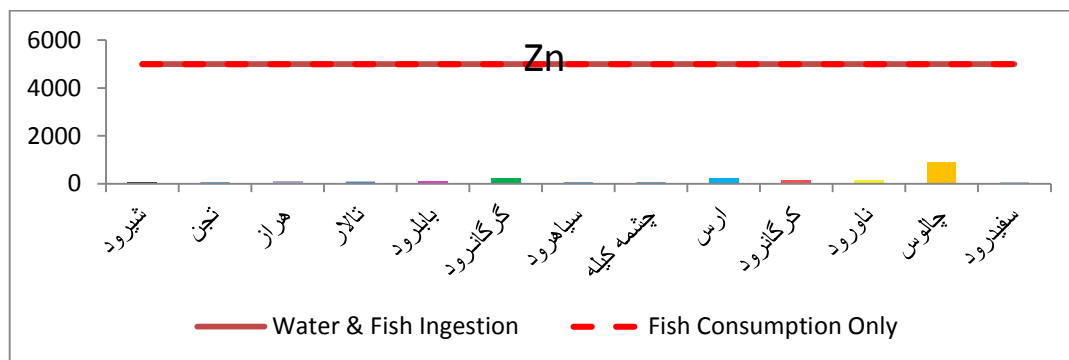
جدول 6- استاندارد EPA برای زندگی آبزیان و زندگی انسان

Chemical	Protection of Aquatic Life Concentration in micrograms per liter (ug/l)		Protection of Human Health Units per Liter	
	Mrine Acute Criteria	Mrine Chronic Criteria	Water & Fish Ingestion	Fish Consumption Only
Copper	4.8	3.1	1000 ug	1000 ug
Lead	210	8.1	--	--
Nickel	74	8.2	610 ug	4600 ug
Zinc	90	81	5000 ug	5000 ug
Manganese	--	--	50 ug	100 ug

فلز روی



شکل ۴- معیار مزمن و حاد دریا (ورودی به دریا)- معیار زندگی آبزیان

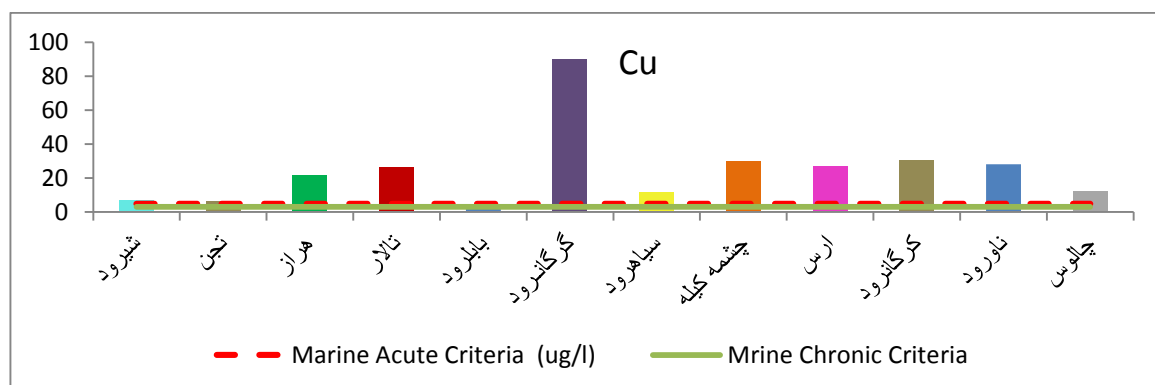


شکل ۵- معیار مصرف آب و تغذیه از ماهیان- معیار سلامت انسان

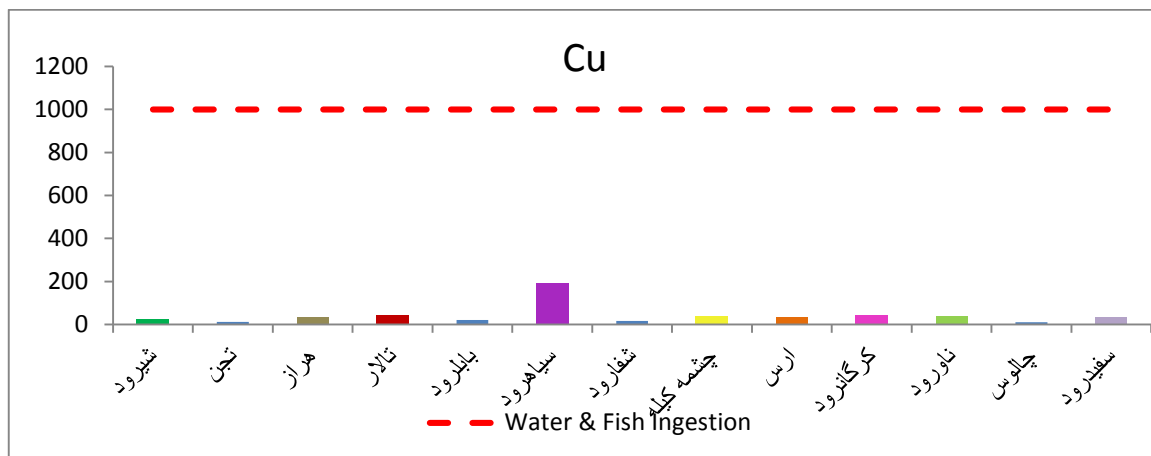
همانطور که از شکل ۴ پیداست مقدار فلز روی که از طریق رودخانه ها و پس از فرآیند لخته سازی وارد دریای خزر می شود در تمام حالات به جز دو رودخانه ی ارس و چالوس (در ۱۱ رودخانه) از هر دو مقدار مزمن و حاد توصیه شده ورودی به دریا کمتر است. یعنی پس از لخته سازی میزان فلز روی به حدی کاهش یافته است که در مصب این ۱۱ رودخانه محل مناسبی را برای زندگی آبزیان فراهم آورده است. لخته سازی که به صورت طبیعی در مصب رودخانه های ارس و چالوس اتفاق می افتد پاسخگوی معیار توصیه ای ارایه شده برای زندگی آبزیان دریا نیست و از این میزان بالاتر است که این امر نشان دهنده ی این است که زندگی آبزیان در مصب رودخانه های ارس و چالوس در معرض خطر است.

شکل ۵ نیز بیانگر این است که مقدار فلز روی در آب تمام این رودخانه ها به حدی است که تغذیه از آب و ماهی های این رودخانه ها خطری برای سلامت انسان ایجاد نمی کند.

فلز مس



شکل ۶- معیار مزمن و حاد دریا (ورودی به دریا)- برای زندگی آبزیان

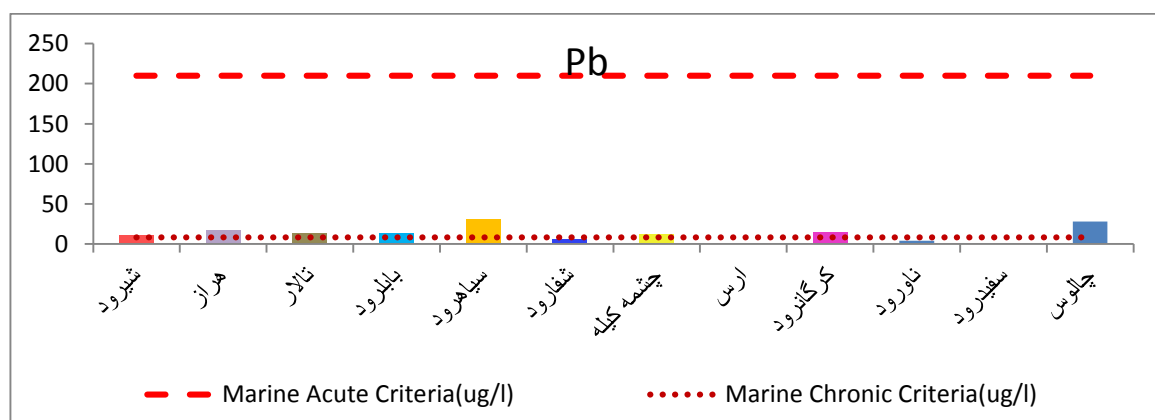


شکل ۷- معیار مصرف آب و تغذیه از ماهیان- معیار سلامت انسان

مطابق شکل ۶، میزان مسی که پس از فرآیند لخته سازی و از طریق رودخانه ها به دریای خزر می ریزد در تمام موارد بیش از معیار مزمین و حاد برای سلامت آبریان است (به جز در رودخانه ی بابلرود که این مقدار کمتر از معیار حاد است)، و این نشان دهنده ی این است که عنصر مس به مقدار زیاد در آب باقی مانده است و آب همه رودخانه ها آلوده به مس است.

همانطور که از شکل ۷ مشخص است میزان عنصر مس در آب تمام رودخانه های مورد بررسی به حدی است که تغذیه از آب و ماهی های این رودخانه ها خطری برای سلامتی انسان ایجاد نمی کند.

فلز سرب



شکل ۸- معیار مزمین و حاد دریا (ورودی به دریا)- معیار زندگی آبریان

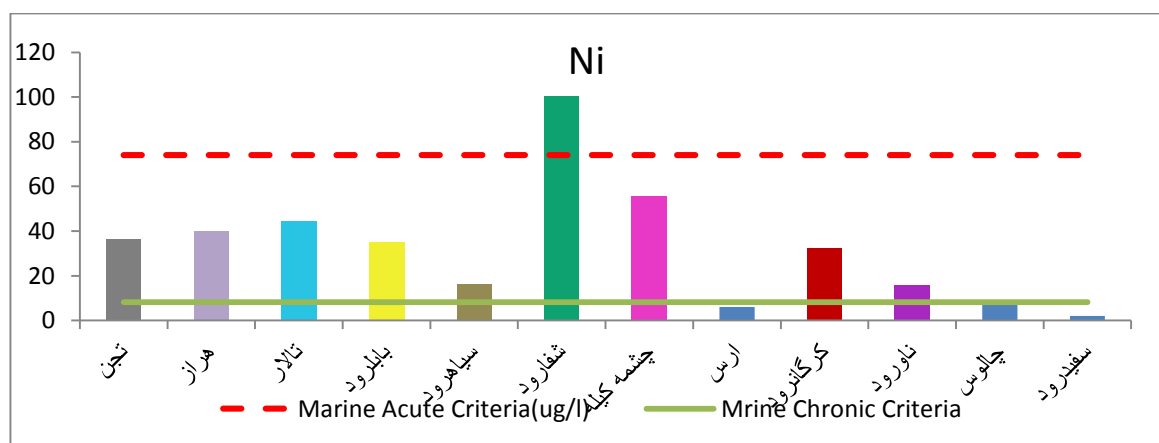


مطابق شکل ۸، میزان عنصر سرب که از طریق رودخانه ها و بعد از فرآیند لخته سازی وارد دریا می شود، در تمام حالات از معیار توصیه ای حاد(کشنده) برای زندگی آبزیان کمتر است. اما در اکثر رودخانه ها به جز رودخانه های ارس، ناورود و شفارود مقدار این عنصر از معیار مزمن برای زندگی آبزیان بالاتر است. به طور کلی می توان گفت که رودخانه های مطالعه شده منتهی به دریای خزر از لحاظ عنصر سرب خطر جدی برای زندگی آبزیان محسوب نمی شوند.

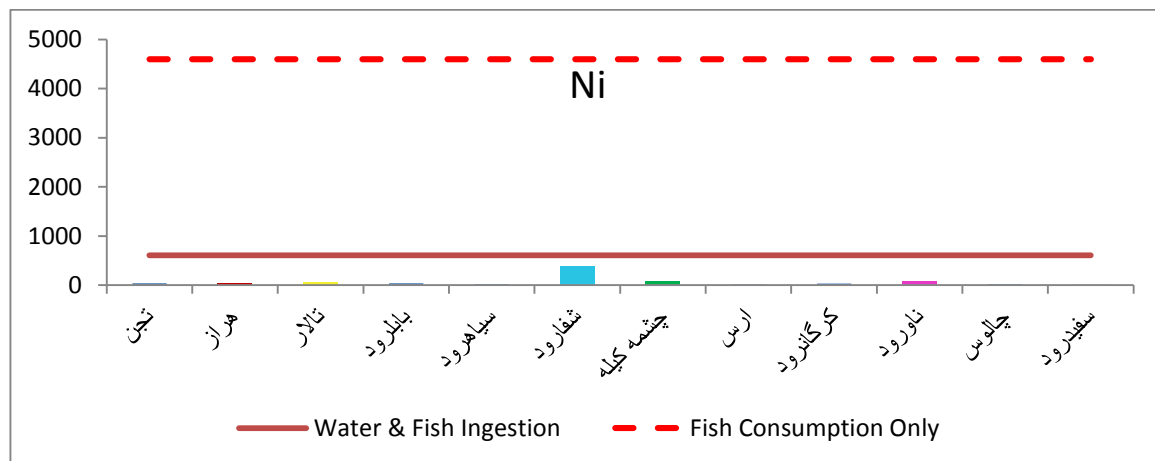
فلز نیکل

در شکل ۹ پیداست که به جز دو رودخانه ی ارس و سفیدرود، در بقیه حالات میزان نیکلی که از طریق رودخانه ها و پس از لخته سازی وارد دریا می شود از معیار توصیه ای مزمن بالاتر است. اما در همه حالات به جز رودخانه ی شفارود میزان نیکلی که وارد دریا می شود کمتر از معیار کشنده برای زندگی آبزیان است و این بدین معنی است که مصب رودخانه شفارود حتی پس از فرآیند لخته سازی طبیعی، باز هم آلوده به نیکل است و برای جاندارانی که در مصب زندگی می کنند خطر دارد. در مصب سایر رودخانه ها، فرآیند لخته سازی باعث کاهش میزان آلودگی آب ها به نیکل شده است و زندگی آبزیان را حفظ کرده است.

مطابق شکل ۱۰ می بینیم مقدار فلز سرب در آب تمام این رودخانه ها به حدی است که تغذیه از آب و ماهی های این رودخانه ها خطری برای سلامت انسان ایجاد نمی کند.



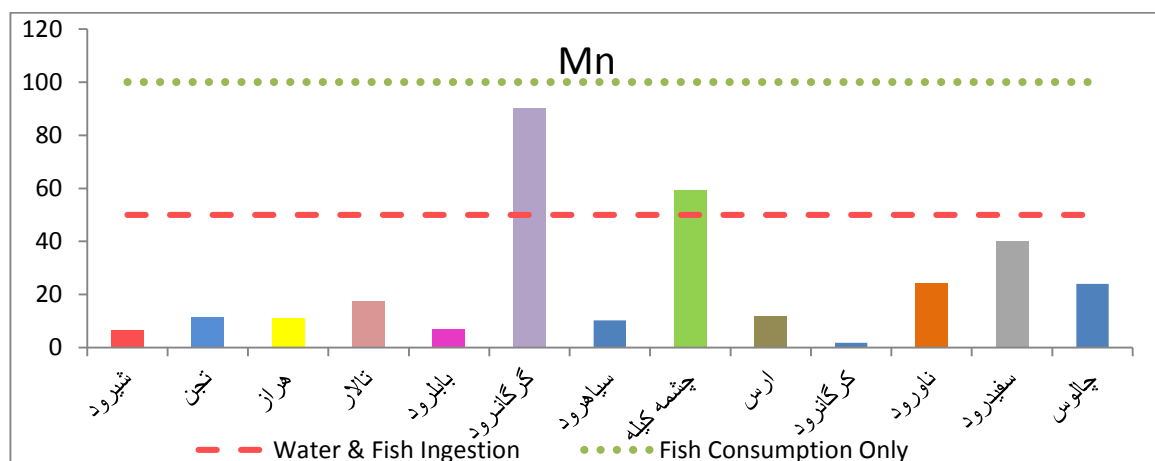
شکل ۹- معیار مزمن و حاد دریا (ورودی به دریا) - معیار زندگی آبزیان



شکل ۱۰- معیار مصرف آب و تغذیه از ماهیان- معیار سلامت انسان

فلز منگنز

بر اساس شکل ۱۱ میزان این عنصر در تمام رودخانه ها به حدی است که تغذیه از ماهی های این رودخانه ها خطری برای سلامتی انسان ایجاد نمی کند. اما در دو رودخانه ی گرگانرود و چشمه کله مقدار عنصر منگنز به حدی است که استفاده از آب این رودخانه ها برای سلامتی انسان مضر است.



شکل ۱۱- معیار مصرف آب و تغذیه از ماهیان- معیار سلامت انسان

جمع بندی و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر نرخ لخته سازی عناصر Zn, Pb, Cu, Ni, Mn طی اختلاط مصبی رودخانه سفیدرود با دریای خزر مورد بررسی قرار گرفت. الگوی عمومی لخته سازی فلزات مورد مطالعه به صورت زیر است:

$$\text{Zn (111\%)} > \text{Cu (55\%)} > \text{Ni (41\%)} > \text{Mn (4\%)} > \text{Pb (0\%)}$$



نرخ لخته سازی فلزات مورد مطالعه نشان داد که بار آلودگی فلزی بطور کلی می توانند در درصدهای متفاوتی طی اختلاط مصبی رودخانه سفیدرود با دریای خزر کاهش یابد. (از 0 تا 100%). بنابراین، فرایندهای مصبی می توانند به عنوان مکانیزمهای موثر در خودپالایی فلزات سنگین که به صورت انسانساخت به اکوسیستمهای آب شیرین وارد می شوند در نظر گرفته شوند.

با بررسی مطالعه حاضر و مروری بر مطالعات گذشته که مربوط 14 رودخانه ای که به دریای خزر منتهی می شوند این نتیجه حاصل می شود که بطور متوسط توان 14 مصب منتهی به دریای خزر در حذف و لخته کردن فلزات سنگین بصورت زیر است:

$Zn (61\%) > Mn (57\%) > Cu (42\%) > Ni (37\%) > Pb (24\%)$

همچنین با بررسی مطالعه حاضر و مروری بر تحقیقات گذشته بنظر می رسد مهمترین پارامترهای کنترل کننده فرآیند فلوکولاسیون فلز روی در اثر اختلاط مصبی بترتیب تغییرات pH، نیترات کل، پتانسیل ردوکس و شوری محیط می باشد. بعلاوه مهمترین پارامترهای کنترل کننده فرآیند لخته سازی فلز مس بترتیب pH، نیترات کل، فسفات و شوری میباشد. پارامترهای نیترات کل، اکسیژن محلول و پتانسیل ردوکس بترتیب بیشترین تاثیر را حذف فلزات سنگین سرب در ناحیه اختلاط مصبی در اثر فرآیند لخته سازی داشته اند. 3 عامل نیترات کل، pH و پتانسیل ردوکس به ترتیب بیشترین تاثیر را در حذف فلز نیکل در اثر اختلاط رودخانه ای منتهی به دریای خزر با دریای خزر را دارا بودند. در انتها دو پارامتر شوری و pH از مهمترین عوامل کنترل کننده فرایند لخته شدن فلز منگنز مشاهده شدند.

منابع:

1. Mojtaba Fakhraee, A. R. Karbassi, Mehdi Heidari, 2015, Eaxtended abstract (An Investigation on Flocculation, Adsorption and Desorption Process during mixing of Saline Water with Fresh Water (Caspian Sea)). [In Persian]
2. Yong, R., 2001, Geo – environmental Engineering – Contaminated Soils, Pollutant Fate and Mitigation, CRC Press.
3. Chapman D (1992) Water quality assessment. Chapman & Hall, London Chenar SS, Karbassi AR, Zaker NH, Ghazban F (2012) Electroflocculation of metals during estuarine mixing (Caspian Sea). J Coast Res 29(4):847–854
4. Forstner, U., 1980, Inorganic Pollutants, Particularly heavy metals in estuaries, in: Chemistry and biogeochemistry of estuaries, Olausson, E. and Cato, I., (eds) John Wiley & Sans



5. Biati, A., Karbassi, A., Hassani, A., Monavari, S. M., & Moattar, F. (2010). Role of metal species in flocculation rate during estuarine mixing. *Int. J. Environ Sci*, 7 (2), 327- 336. Viswanathan, M., and Chakrapani, G. J. 2010. Laboratory experiments on river–estuary geonanomaterials. *Current Science*, 99(2), 213–215.
6. Viswanathan, M., and Chakrapani, G. J. 2010. Laboratory experiments on river–estuary geonanomaterials. *Current Science*, 99(2), 213–215.
7. Currier, D. R., Small, K. J. 2005. Macrobenthic community responses to long-term environmental change in an east Australian sub-tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 63 (1-2), 315-331.
8. Pritchard, D. W. 1967. What is an Estuary: Physical Viewpoint. In: Lauf GH, editor. *Estuaries*. Washington: American Association for the Advancement of Science, 3–5.
9. Boyle, E. A., Edmond, J. M., Sholkovitz, E. R. 1977. The mechanism of Fe removal in estuaries. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 41(9), 1313–1324
10. Samarghandi, M. R., Nouri, J., Mesdaghinia, A. R., Mahvi, A. H., Naseri, S., Vaezi, F. 2007. Efficiency removal of phenol, lead and cadmium by means of UV/TiO₂/H₂O₂ processes. *Int. J. Environ. Sci. Tech*, 4, 25–19.
11. Day, J.W., Hall, C.A.S., Kemp, W.M. and Ynez, A.A. (1989) *Estuarine ecology*. New York: Wiley
12. Meybeck M. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers. *Am. J. Sci.* 1982; 282: 450–401
13. A.R. Karbassi, M. Heydari, A.R. Vaezi, A.R. Valikhani Samani, M. Fakhradee, F. Heidari, 2013
14. E.A. Boyle, J.M. Edmond, E.R. Sholkovitz, The mechanism of iron removal in estuaries, *Geochim. Cosmochim. Acta* 41 (1977) 1313–1324
15. A.R. Karbassi, J. Nouri, Gh.R. Nabi Bidhendi, G.O. Ayaz, Behavior of Cu, Zn, Pb, Ni and Mn during mixing of freshwater with the Caspian Sea water, *Desalination* 229 (2008) 118–124
16. A.R. Valikhani Samania, A.R. Karbassia,*, M. Fakhradee, M. Heidaria, A.R. Vaezia, Z. Valikhani, 2014
17. Sholkovitz, E. R. 1976. Flocculation of dissolved organic and inorganic matter during the mixing river water and seawater *Geochimica. Cosmochimica. Acta*, 40, 845-831
18. Karbassi AR, Nouri J, Ayaz GO (2007) Flocculation of trace metals during mixing of Talar River water with Caspian Seawater. *Int J Environ Res* 1(1):66–73
19. Biati, A., Karbassi, A. R., Hassani, A. H., Monavari, S. M., & Moattar, F. (2010a) Role of metal species in flocculation rate during estuarine mixing. *Int J Environ Sci Technol* 7(2):327–336
20. Eckert JM, Sholkovitz ER (1976) The flocculation of Fe, Al and humates from river water by electrolytes. *Geochim Cosmochim Acta* 40(7): 847–856
21. Saeedi M, Karbassi AR, Mehrdadi N (2003) Flocculation of dissolved Mn, Zn, Ni and Cu during the estuarine mixing of Tadjan River water with Caspian Sea water. *Int J Environ Stud* 60:567–576
22. Zhiqing LE, Jianhu Z, Jinsi C (1987) Flocculation of dissolved Fe, Al, Mn, Si, Cu, Pb and Zn during estuarine mixing. *Acta Oceanol Sin* 6: 567–576



23. Hunter KA (1983) On the estuarine mixing of dissolved substances in relation to colloidal stability and surface properties. *Geochim Cosmochim Acta* 47:467–473
24. Sholkovitz ER, Boyle EA, Price NB (1978) The removal of dissolved humic acids and iron during estuarine mixing. *Earth Planet Sci Lett* 58:423–439
25. Mojtaba Fakhraee, A. R. Karbassi, Mehdi Heidari, Alireza Vaezi, (2015), Dissolved and particulate trace metal geochemistry during mixing of Karganrud River with Caspian Sea water, *Arab J Geosci* (2015) 8:2143–2151
26. Biati A, Moattar F, Karbassi AR, Hassani AH (2010b) Role of saline water in removal of heavy elements from industrial wastewaters. *Int J Environ Res* 4(1):177–182
27. Karbassi, A.R. and Nadjafpour, N., (1996). Flocculation of dissolved Pb, Cu, Zn, and Mn during estuarine mixing of river water with the Caspian Sea. *Environmental Pollution*, 93, 257–260
28. Karbassi A. R.; Nabi Bidhendi G. R.; Saeedi M.; Rastegari A., (2010). Metal removal during estuarine mixing of arvand river water with the Persian Gulf water. *Central European Journal of Geoasciences*, 2(4), 531-536
29. Karbassi, A.R.; Nouri, J.; Mehrdadi, N., and Ayaz, G., (2008b). Flocculation of heavy metals during mixing of freshwater with Caspian Sea water. *Environmental Geology*, 53(8), 1811–1816
30. Fazelzadeh M., Karbassi A.R., and Mehrdadi, N., (2012). An Investigation on the Role of Flocculation Processes in Geo-Chemical and Biological Cycle of Estuary (Case Study: Gorganrood River). *International Journal of Environmental Research*, 6(2), 391-398
31. Shamkhali Chenar, S.; Karbassi, A.; Hajizadeh Zaker, N., and Ghazban, F., (2012). Electroflocculation of metals during estuarine mixing (Caspian Sea). *Journal of Coastal Research* in press, doi: 10.2112/JCOASTRES-D-11-00224.1.
32. Karbassi A R, Nouri J, Nabi Bidhendi GHR, Ayaz GO., (2008). Behavior of Cu, Zn, Pb, Ni and Mn during mixing of freshwater with the Caspian Seawater. *Desalination* ; 229: 124–118
33. Biati A, Karbassi A,R. (2012). Flocculation of metals during mixing of Siyahrud River water with Caspian Sea water. *Environ. Monit. Assess.* 184: 6903–6911.
34. Karbassi,A,R; Heidari,M., (2013) . An investigation on role of Salinity, PH and DO on heavy metals elimination throughout estuarial mixture.global journal *Environ Sci Manage.*1(1):41-46
35. Karbassi,A,R; Bassam,S,S; Ardestani,M.,(2013) .Flocculation of Cu,Mn,Ni,Pb and Ni during Estuarine Mixing (Caspian Sea). *International Journal Environ Res.*7(4).917-924
36. Karbassi; A R, Heidari; M, Heidari M,Vaezi A R,Valikhani Samani A R. ,(2014). Effect of PH and salinity on flocculation process of heavy metals during mixing of Aras River water with Caspian sea water.*Environ Earth Sci.*72:457-465
37. Karbassi A.R, Valikhani Samani A R, Fakhraee M ,Heidari M,Vaezi A R.,(2015).Effect of dissolved organic carbon and salinity on flocculation process of heavy metals during mixing of the Navrud River water with Caspian Seawater.*Journal of Desalination and Water Treatment.*55(4):926-934.
38. Zhiqing L.E, Jianhu Z and Jinsi C, Flocculation of dissolved Fe,Al,Si,Cu,Pb and Zn during estuarine mixing. *Acta Oceanologica Sinica*, 6(1987) 567-576.