

جلسه ۱۵:

سختی گیری

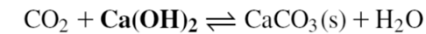
درس: مهندسی تصفیه آب و فاضلاب

دکتر علی رضا بازارگان

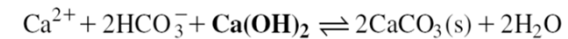
info@environ.ir

آهک زنی

• اول CO_2 توسط آهک حذف می شود تا pH افزایش یابد

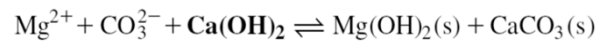
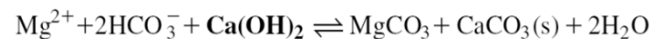


• برای رسوب دهی کلسیم، باید بی کربنات به کربنات تبدیل شود

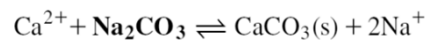
Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

حذف منیزیم

• برای ته نشینی منیزیم، دو مرحله نیاز است

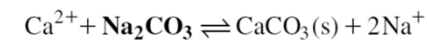
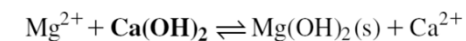


• پس از حذف بی کربنات، ممکن است هنوز کلسیم باقی مانده باشد. آن گاه با کمک Soda Ash کربنات اضافه می کنیم

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

حذف منیزیم و کلسیم باقی مانده

• برای حذف منیزیم باقی مانده پس از حذف بی کربنات، به دو مرحله نیاز داریم



• در عمل واکنش ها پیچیده تر هستند. همچنین، می توان به جای هیدروکسید کلسیم از هیدروکسید سدیم استفاده نمود

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

خلاصه

Summary of chemical additions to soften water

Step	Chemical addition ^a	Reason
Carbonate hardness		
1.	Lime = CO ₂	Neutralize H ₂ CO ₃
2.	Lime = HCO ₃ ⁻	Raise pH; convert HCO ₃ ⁻ to CO ₃ ²⁻
3.	Lime = Mg ²⁺ to be removed	Raise pH; precipitate Mg(OH) ₂
4.	Lime = required excess	Drive reaction
Noncarbonate hardness		
5.	Soda = noncarbonate hardness to be removed	Provide CO ₃ ²⁻

^aThe terms "Lime" and "Soda" refer to mg/L of Ca(OH)₂ and Na₂CO₃ respectively, as CaCO₃ equal to mg/L of ion (or gas in the case of CO₂) as CaCO₃.

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

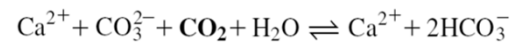
محدودیت ها

- به این روش، نمی توان تمام سختی آب را حذف کرد زیرا:
 - CaCO₃ و Mg(OH)₂ ولو به میزان کم محلول هستند
 - همخوردگی کامل از لحاظ فیزیکی دشوار است
 - زمان محدود است و ممکن است واکنش ها تا اتمام ادامه پیدا نکنند
- معمولاً از این طریق مینیمم کلسیم 30mg/L as CaCO₃ و مینیمم منیزیم 10mg/L as CaCO₃ است
- میزان هیدروکسید کلسیم اضافه بر استوکیومتری استفاده میکنیم

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

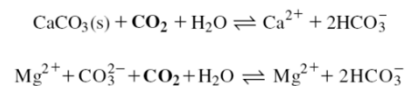
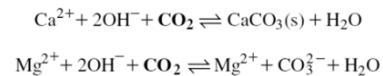
اضافه کردن دی اکسید کربن

- بعد از حذف کلسیم، در pH بالاتر از 10 ممکن است کربنات کلسیم به حالت اشباع در آید. اضافه کردن دی اکسید کربن pH را به زیر 9 می آورد و کربنات را به بی کربنات تبدیل می کند



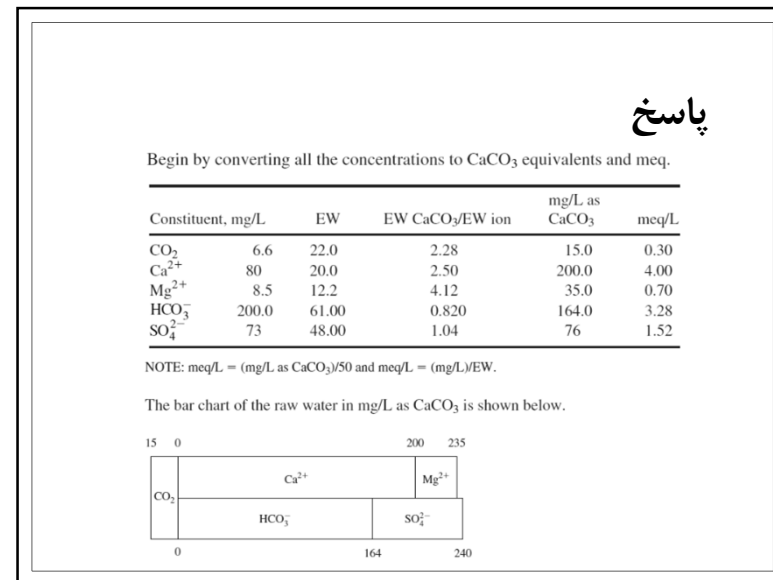
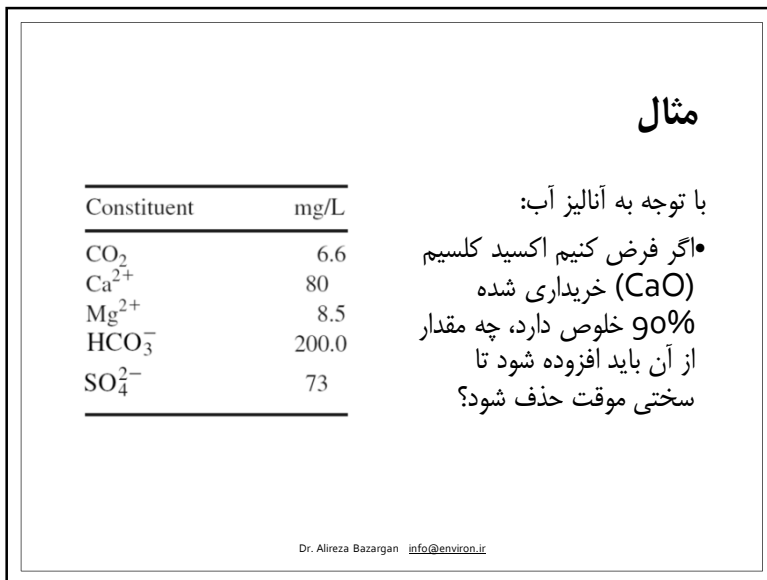
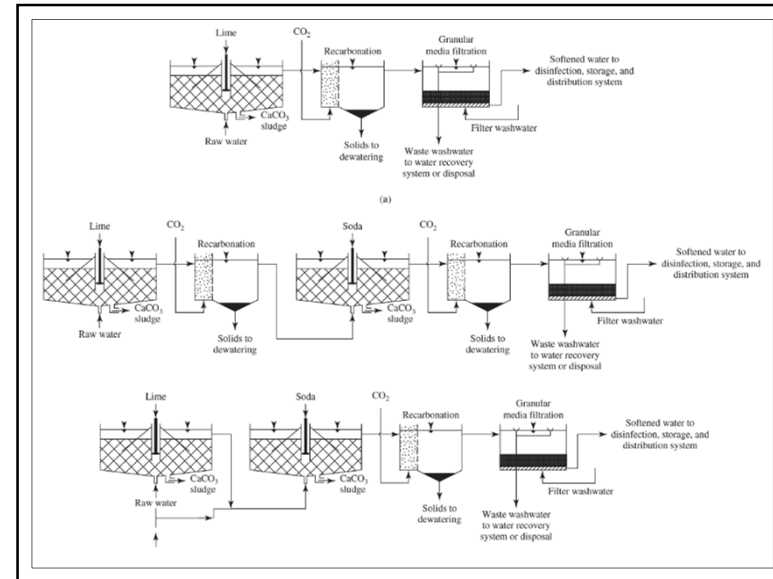
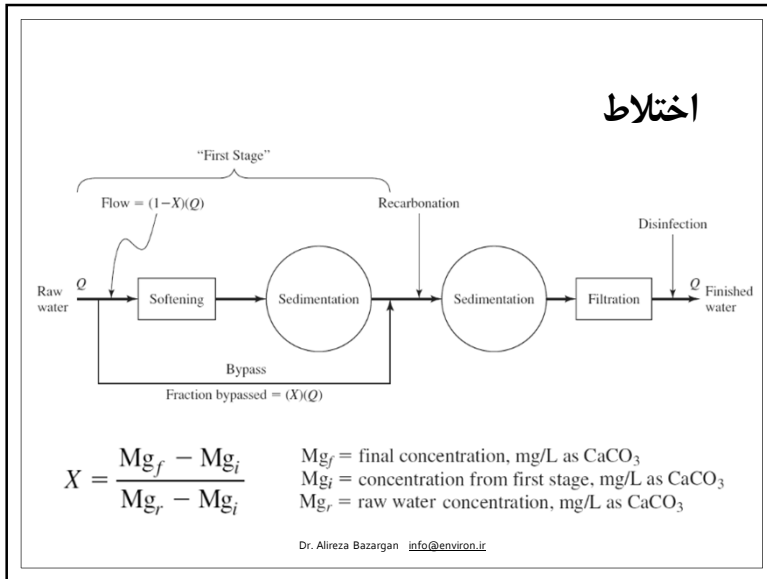
Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

دی اکسید کربن



- وقتی برای حذف کلسیم و منیزیم، بیش از استوکیومتری هیدروکسید کلسیم استفاده کرده باشیم، pH بالاتر از 11 خواهد رفت. با اضافه نمودن دی اکسید کربن اول کربنات تولید شده (محدوده pH 10 الی 10.5) و سپس کربنات به بی کربنات تبدیل می شود (محدوده pH 8.4 الی 8.6)

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir



پاسخ

• از آن رو که فقط می خواهیم سختی موقت را حذف کنیم

Addition equal to:	Lime, mg/L as CaCO ₃	Lime, meq/L
CO ₂	15.0	0.30
HCO ₃ ⁻	164.0	3.28
	179.0	3.58

• همچنین، برای اطمینان حدود 20mg/L as CaCO₃ اضافه آهک استفاده می کنیم

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

پاسخ

• پس میزان آهک مورد نیاز عبارت است از:

$$179.0 \text{ mg/L as CaCO}_3 + 20 \text{ mg/L as CaCO}_3 = 199 \text{ mg/L}$$

$$(199 \text{ mg/L as CaCO}_3) \left(\frac{28 \text{ meq/mg}}{50 \text{ meq/mg}} \right) \left(\frac{1}{0.90} \right) = 123.8 \text{ or } 124 \text{ mg/L as CaO}$$

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

نکات

• از آن رو که حذف منیزیم گرانتر از کلسیم است و از آن رو که افزودن Soda Ash گرانتر از آهک است، ارزان ترین سختی که بتوانیم آن را حذف کنیم، سختی کربناتی است

• بجای آهک، می توان از سود (هیدروکسید سدیم) برای سختی زدایی استفاده نمود. واکنش های مطرح شده بازنویسی می شوند و Soda Ash به صورت خودکار در سیستم تولید و مصرف خواهد شد

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

اسفاده از سود

معایب	محاسن
به مراتب گرانتر از آهک	تولید لجن کمتر
خطر ناشی (به دلیل مایع بودن)	تولید گرد و خاک کمتر
ماده با خلوص ۵۰٪ در دمای کمتر از ۱۳ درجه یخ می زند	امکان خریداری به صورت مایع = نگهداری و تزریق آسان تر

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

حذف دیگر مواد

- سختی زدایی با رسوب کربنات کلسیم حدود ۱۰ الی ۳۰ درصد از رنگ و مواد آلی را حذف می کند
- سختی زدایی با رسوب هیدروکسید منیزیم حدود ۳۰ الی ۸۰ درصد از رنگ و مواد آلی را حذف می کند
- افزودن لخته ساز نمک آهن در فرایند سختی زدایی نیز حدود ۵ الی ۱۵ درصد حذف رنگ و مواد آلی را افزایش می دهد
- هیدروکسید آلوم آموتر است پس تاثیری بر افزایش رسوب ندارد

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

حذف دیگر مواد

- با حذف سختی، بعضی از مواد دیگر نیز حذف می شوند و کدورت نیز کاهش می یابد
- با توجه به نمودارهای حلالیت منگنز و آهن، اگر در سختی زدایی pH بالا برود (که می رود) مقداری زیادی از این فلزات (و حتی در مواردی ۱۰۰٪ از آن ها) حذف می شود
- به عنوان مثال، عنصر آرسنیک با جذب شدن به رسوبات دیگر، خود نیز از آب حذف می شود

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

طراحی

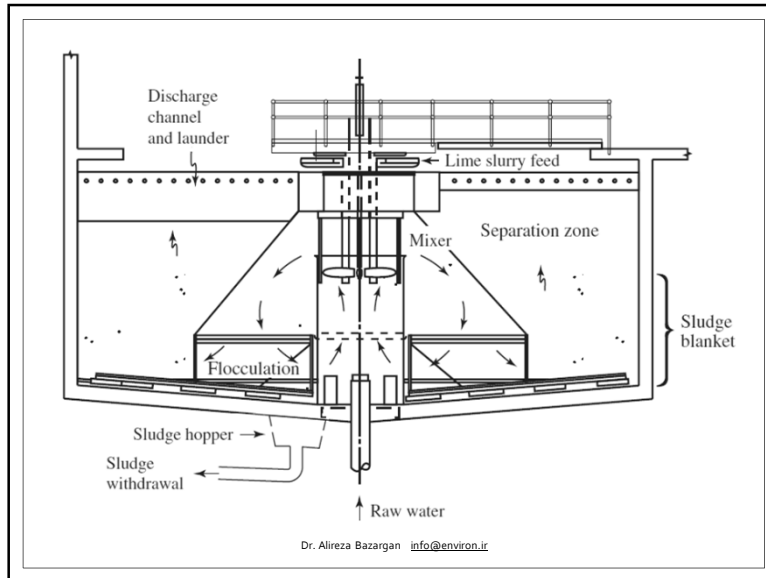
- زمان تشکیل لخته و هم خوردگی نباید کمتر از ۳۰ دقیقه باشد
- زمان ماند در تانک برای آب های سطحی معمولا مابین ۲ الی ۴ ساعت است. برای آب های زیرزمین ۱ الی ۲ ساعت است
- اگر واحد فقط برای حذف سختی: ماکزیمم سرعت به سمت بالا 4.2m/h ماکزیمم بار کانالهای خروجی 0.24m³/min.m
- اگر آب کدورت هم دارد: ماکزیمم سرعت به سمت بالا 2.4m/h ماکزیمم بار کانالهای خروجی 0.12m³/min.m

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

تانک

- به صورت سنتی، مانند تانک های لخته سازی طراحی می شوند
- یعنی متشکل از قسمت همزدگی سریع برای برخورد مواد شیمیایی تزریقی با عناصر مربوطه هستند $G=300-700 S^{-1}$
 $t=10-30 S$
- سپس در قسمت لخته سازی (و واکنش) به آرامی هم می خورند $G=100-300 S^{-1}$, $t=30-45 min$
- معمولا مقداری از رسوب را به اول فرایند برگردانده، تا بتواند به عنوان هسته اولیه رسوب های جدید عمل کند

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir



تکلیف (امتیازی)

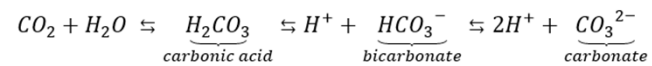
- چه مقدار دی اکسید کربن برای متعادل کردن آب زیر تزریق کنیم؟
- (تزریق به منظور کاهش LSI اگر مقدارش بیش از صفر است)

Constituent or parameter	Concentration, meq/L as CaCO ₃ or units as shown
Ca ²⁺	1.38
Mg ²⁺	0.80
CO ₃ ²⁻	0.50
HCO ₃ ⁻	1.20
pH	9.95 units
TDS	320 mg/L
Temperature	10°C

Dr. Alireza Bazargan info@environ.ir

تکلیف (امتیازی)

- یادآوری (اگر نیاز دارید)



$$K_{a1} = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \quad pK_{a1} = 6.35 \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

$$K_{a2} = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \quad pK_{a2} = 10.33 \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

$$K_{a1} = 10^{14.8453 - 3404.71/T - 0.032786T}$$

$$K_{a2} = 10^{6.498 - 2909.39/T - 0.02379T}$$