

जल उपचार

Water Treatment

1. यूरिया की O_2 से अभिक्रिया निम्न क्रमानुसार होगी



किसी जलापूर्ति में 10^4 लीटर जल में 1 kg यूरिया पाया जाता है। जल का BOD कितना है?

(UPBTE 2007)

$$\text{जल BOD} = \frac{\text{जल में यूरिया मिलीग्राम में}}{\text{जल लीटर में}} = \frac{1 \times 10^6 \text{ मिलीग्राम}}{10^4 \text{ लीटर}} \\ = 1 \times 10^6 \times 10^{-4} = 10^{6-4} = 10^2 \text{ मिलीग्राम/लीटर।}$$

2. जल का कठोरता क्रमांक क्या है?

उत्तर जल के निश्चित आयतन में कठोरता की मात्रा अथवा कठोरता की कोटि को जल का कठोरता क्रमांक कहते हैं।

3. जल एक अच्छा विलायक क्यों है?

उत्तर जल का डाइलेक्ट्रिक स्थिरांक अधिक होने के कारण जल एक अच्छा विलायक है।

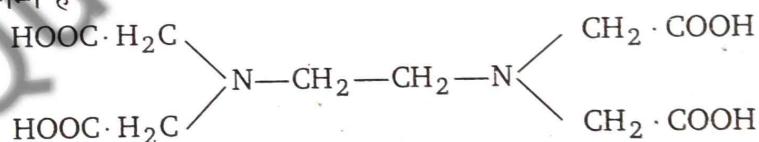
4. जल की पी.पी.एम. में कठोरता से आप क्या समझते हैं?

उत्तर कठोरता उत्पन्न करने वाले पदार्थों के भार भाग की कैल्सियम कार्बोनेट के रूप में वह संख्या जो प्रति दस लाख (10^6) भाग जल में उपस्थित होती है, जल की ppm में कठोरता होती है।

5. EDTA का पूरा नाम व रासायनिक सूत्र बताइए।

उत्तर EDTA का पूरा नाम एथिलीन डाइऐमीन टेट्रा ऐसीटिक अम्ल है।

इसका रासायनिक सूत्र निम्न है



6. जल की स्थायी कठोरता को दूर करने की मुख्य विधियों के नाम बताइए?

उत्तर (i) सोडा लाइम विधि

(ii) आयन विनियम रेजिन

(iii) जियोलाइट या परम्पूटिट विधि

7. जियोलाइट या परम्पूटिट विधि का रासायनिक सूत्र क्या है?

उत्तर जियोलाइट सोडियम व ऐलुमिनियम के मिश्रित सिलिकेट होते हैं।

इनका रासायनिक सूत्र $Na_2Al_2Si_2O_8 \cdot xH_2O$ होता है।

8. कालगन क्या है?

उत्तर कालगन रासायनिक रूप से सोडियम हेक्सा मेटा फॉस्फेट है, जिसका रासायनिक सूत्र $Na_2[Na_4(PO_3)_6]$ होता है।

9. बायलर में पपड़ी बनने से क्या हानि होती है?

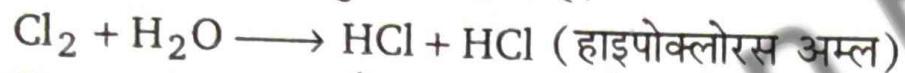
उत्तर पपड़ी बनने से इंधन का अपव्यय होता है तथा कार्य क्षमता में कागी आने के साथ-साथ इसका प्रयोग भी असुरक्षित हो जाता है।

10. दाहक भंगुरण किसे कहते हैं?

उत्तर बॉयलरों में अत्यधिक क्षारीय जल के प्रयोग से होने वाले संक्षारण को दाहक भंगुरण कहते हैं।

11. क्लोरीन गैस किस प्रकार जल का रोगाणुनाशक करती है?

उत्तर जल के लिए क्लोरीन गैस एक अच्छा रोगाणुनाशक है, क्लोरीन गैस हाइपोक्लोरस अम्ल का निर्माण करती है। जो प्रबल जीवाणुनाशक/रोगाणुनाशक होता है।



12. अपक्रामण किसे कहते हैं?

उत्तर बॉयलर में भाप के साथ द्रव जल के कुछ कण मिलने की क्रिया अपक्रामण कहलाती है।

13. फेनन किसे कहते हैं?

उत्तर बॉयलर की सतह पर उफान आकार झाग उत्पन्न होने की क्रिया फेनन कहलाती है।

14. जल की कठोरता के प्रकार बताइए।

उत्तर जल की कठोरता निम्न दो प्रकार की होती है (i) अस्थायी कठोरता, (ii) स्थायी कठोरता।

15. जल का pH मान कितना होता है?

उत्तर जल का pH मान 7 होता है; अतः जल उदासीन द्रव है।

1. जल की कठोरता से क्या अभिप्राय है? कठोरता के लिए कौन-कौन से लवण जिम्मेदार होते हैं? (UPBTE 2010, 13)

What is the meaning of hardness of water? Which salts are responsible for hardness?

अथवा जल की कठोरता की व्याख्या कीजिए।

Explain hardness of water.

अथवा 'जल की कठोरता' से आप क्या समझते हैं?

(UPBTE 2014)

What do you mean by hardness of water?

उत्तर जल के साबुन के साथ कम और कठिनता से झाग देने के गुण को जल की कठोरता कहते हैं। जल में कठोरता कैल्सियम या मैग्नीशियम या दोनों के बाइकार्बोनेट, क्लोराइड तथा सल्फेट घुले होने के कारण होती है।

जल की कठोरता मुख्य रूप से दो प्रकार की होती है—(i) अस्थायी कठोरता तथा (ii) स्थायी कठोरता।

1. अस्थायी कठोरता जब जल में कैल्सियम व मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट घुले रहते हैं तो इस प्रकार की कठोरता अस्थायी कठोरता कहलाती है। इस प्रकार की कठोरता को जल को उबालकर दूर किया जा सकता है।

2. स्थायी कठोरता जब जल में कैल्सियम व मैग्नीशियम के क्लोराइड तथा सल्फेट घुले होते हैं तो जल में उत्पन्न होने वाली कठोरता स्थायी कठोरता कहलाती है। इस प्रकार की कठोरता में जल में कैल्सियम क्लोराइड (CaCl_2), कैल्सियम सल्फेट (CaSO_4), मैग्नीशियम सल्फेट (MgSO_4), मैग्नीशियम क्लोराइड (MgCl_2) आदि घुले होते हैं। इस प्रकार की कठोरता को केवल जल को उबालने से ही दूर नहीं किया जा सकता है।

2. जल की कठोरता क्या है? कठोरता की इकाइयाँ बताइए तथा विभिन्न उद्योगों में कठोर जल से हानियों की विवेचना कीजिए। (UPBTE 2011)

What is hardness of water? Give the units of hardness and explain disadvantages of hard water in different industries.

अथवा उद्योगों में कठोर जल से हानियाँ समझाइए।

(UPBTE 2005)

Give the demerits of hardness of water in industries.

उत्तर जल की कठोरता के लिए प्रश्न 1 का उत्तर देखिए।

कठोरता की इकाइयाँ जल की कठोरता निम्नलिखित चार प्रकार से प्रदर्शित की जाती है

1. भाग प्रति दस लाख Parts Per Million-ppm कठोरता उत्पन्न करने वाले पदार्थों के भाग की कैल्सियम कार्बोनेट के रूप में वह संख्या जो प्रति दस लाख ($10,00,000$ या 10^6) भाग जल में उपस्थित होती है, जल की पी०पी०एम० (ppm) में कठोरता होती है।

2. मिलीग्राम प्रति लीटर Milligram Per Litre-mg/L कठोर जल के प्रति लीटर में कैल्सियम कार्बोनेट या इसके समतुल्य पदार्थ की मिलीग्राम में संख्या को मिलीग्राम प्रति लीटर में कठोरता कहते हैं।

3. क्लार्क डिग्री Clarke's Degree-°C। एक गैलन (10 पौंड) या $70,000$ भाग कठोर जल में कैल्सियम कार्बोनेट या इसके समतुल्य पदार्थ की ग्रेन में संख्या को जल की क्लार्क डिग्री में कठोरता कहते हैं।

4. डिग्री फ्रेन्च Degree French-°Fr एक लाख ($1,00,000$ या 10^5) भाग कठोर जल में कैल्सियम कार्बोनेट या उसके समतुल्य पदार्थ का जो भाग होता है, वह जल की डिग्री फ्रेन्च में कठोरता होती है।

जल की कठोरता की विभिन्न इकाइयों में सम्बन्ध निम्न प्रकार दर्शाया जा सकता है

$$100 \text{ पी०पी०एम०} = 10^\circ \text{ फ्रेन्च} = 7^\circ \text{ क्लार्क} \quad \text{या} \quad 1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L} = 0.1^\circ \text{ Fr} = 0.07^\circ \text{ Cl}$$

उद्योगों में कठोर जल से हानियाँ कठोर जल से उद्योगों में निम्नलिखित हानियाँ हो सकती हैं

1. कपड़ा उच्चेग धागे तथा कपड़े को कठोर जल में धोने से साबुन शीघ्र झाग नहीं बनाता और पर्याप्त साबुन Ca तथा Mg के साथ अवक्षेप बनाने में व्यर्थ चला जाता है। ये अवक्षेप कपड़े से चिपक जाते हैं जिससे कपड़ों पर रंग सही नहीं चढ़ पाता है।

2. रँगाई उद्योग कठोर जल में विद्यमान Ca तथा Mg के घुलनशील लवण कीमती रंगीन पदार्थों के साथ क्रिया कर अवांछनीय अवक्षेप बना लेते हैं, फलतः कपड़े पर सही रंग नहीं चढ़ता और रँग हुए कपड़े पर कुछ धब्बे पड़ जाते हैं।
3. धुलाई अधिक संख्या में कपड़ों को धोते समय कठोर जल के प्रयोग से साबुन अधिक व्यर्थ हो जाता है। आयरन लवणों की उपस्थिति में कपड़ों के रंग दूसरे कपड़ों पर भी चढ़ जाते हैं।
4. कागज उद्योग कठोर जल के Ca तथा Mg लवण रासायनिक पदार्थों तथा अन्य पदार्थों जो कागज में चमक उत्पन्न करते हैं, के साथ क्रिया कर लेते हैं। आयरन लवणों की उपस्थिति में प्राप्त कागज का रंग भी प्रभावित हो जाता है।
5. चीनी उद्योग कठोर जल में विद्यमान सल्फेट्स, नाइट्रेट्स, क्षारीय कार्बोनेट्स आदि के कारण चीनी के क्रिस्टल कठिनता से बनते हैं। इस प्रकार बनी चीनी पसीजने वाली (आर्ड्रताग्राही deliquescent) भी होती है।
6. दवाई उद्योग यदि दवाइयाँ बनाने में कठोर जल प्रयुक्त किया जाता है तो औषधि, इंजेक्शन, मलहम आदि में अवांछनीय पदार्थ भी बन जाते हैं।
7. बेकरी उद्योग में डबल रोटी बनाते समय इसे फुलाने के लिये यीस्ट द्वारा किण्वन कराया जाता है। कठोर जल प्रयोग करने से विलेय लवणों के कारण यह क्रिया मन्द या बन्द हो जाती है। इससे बनने वाली रोटी का स्वाद भी अच्छा नहीं होता।
8. कंकरीट बनाना यदि क्लोराइड्स तथा सल्फेट्युक्त कठोर जल सीमेन्ट के साथ कंकरीट बनाने में प्रयोग किया जाता है तो सूखने पर कंकरीट की ताकत कम पायी जाती है।
9. बॉयलरों में कठोर जल के कारण, इसमें उपस्थित Ca एवं Mg के सल्फेट, कार्बोनेट एवं क्लोराइड, भाप बॉयलर की दीवारों पर पपड़ियों के रूप में जमा होने लगते हैं और एक समय में पपड़ी की मोटाई बढ़ती जाती है जिसके कारण ऊष्मा की क्षति या ईंधन का अपव्यय होता है तथा बॉयलर overheating के कारण क्षतिग्रस्त हो सकते हैं।
10. बर्फ उद्योग में बर्फ के उत्पादन में यदि कठोर जल प्रयोग किया जाता है तो Ca एवं Mg के कार्बोनेट्स के कारण बर्फ की गुणता प्रभावित होती है।

3. कठोर जल का मृदुकरण किस प्रकार से किया जा सकता है?

(UPBTE 2009)

How hard water can be converted into soft water?

उत्तर कठोर जल का मृदुकरण वह प्रक्रम (process) जो जल की कठोरता, चाहे वह स्थायी हो या अस्थायी को समाप्त करता है या इसे कम करता है, जल का मृदुकरण (softening of water) कहलाता है। कठोर जल का मृदुकरण अति आवश्यक होता है; क्योंकि कठोर जल न तो घरेलू जरूरतों के लिये और न ही औद्योगिक आवश्यकताओं के लिए उपयुक्त रहता है। जल का मृदुकरण निम्नलिखित दो प्रकार से किया जाता है

1. बाहरी उपचार (External Treatment) 2. आन्तरिक उपचार (Internal Treatment)

1. **बाहरी उपचार** जल का इस प्रकार का उपचार घरेलू प्रयोग या औद्योगिक प्रयोग (जैसे—बॉयलर आदि में) में लाने से पहले किया जाता है। इस उपचार में बॉयलर में प्रयोग होने वाले कठोर जल की समस्या लगभग दूर हो जाती है। बाहरी उपचार निम्नलिखित तीन प्रकार से होता है

(i) **लाइम-सोडा विधि** इस प्रक्रम का मुख्य उद्देश्य घुली हुई कठोरता; जैसे—Ca तथा Mg के कार्बोनेट्स तथा सल्फेट को अघुलनशील अवक्षेपों में बदलना होता है। इन अवक्षेपों को सादन (setting) तथा छानने (filtration) की क्रिया में अलग कर लिया जाता है। इस प्रक्रम में $\text{Ca}(\text{OH})_2$ तथा Na_2CO_3 की निश्चित मात्रा मिला दी जाती है तथा लवण कार्बोनेट तथा सल्फेट में बदल जाते हैं।

(ii) **जियोलाइट विधि** इसे परम्यूटिट (permutit) विधि भी कहते हैं। ये हाइड्रेटिड सोडियम ऐलुमिनियम सिलिकेट खनिज होते हैं जो कठोर जल के सोडियम आयनों का उल्कमणीय परिवर्तन करने में समर्थ होते हैं। ये खनिज; जैसे— $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ (जहाँ $x = 2$ to 10 तथा $y = 2$ to 6), सरन्ध्र (porous) या असरन्ध्री रवाहीन (amorphous) तथा एक संरचना जिसे सिंथेटिक जियोलाइट (synthetic zeolite) कहते हैं, रखते हैं।

(iii) **आयन विनिमय विधि** कठोर जल को मृदु जल में बदलने की यह आधुनिक तथा उत्तम विधि है, इस विधि से कठोर जल की स्थायी तथा अस्थायी दोनों कठोरताएँ दूर हो जाती हैं।

इसमें सबसे पहले कठोर जल को धनायन विनियम स्तम्भ से गुजारा जाता है जिसमें सभी धनायन (+ आयन) जैसे—
 Ca^{++} , Mg^{++} दूर हो जाते हैं तथा H^+ आयन के बराबर की मात्रा इस स्तम्भ से पानी में उत्सर्जित होती है। इसके बाद इस जल को ऋणायन (- आयन) विनियम स्तम्भ में गुजारा जाता है जिससे सभी ऋणायन (- आयन); जैसे SO_4^{2-} कठोर जल से दूर हो जाते हैं तथा OH^- आयन की बराबर मात्रा इस स्तम्भ से पानी में उत्सर्जित होती है। इस प्रकार से उत्सर्जित H^+ तथा OH^- आपस में संयुक्त होते हैं तथा जल अणु पैदा करते हैं। इस प्रकार जो जल प्राप्त होता है, वह शुद्ध जल होता है।



2. आन्तरिक उपचार

इसमें कठोर जल को बॉयलर में उपचारित किया जाता है।

कुछ दूसरी महत्वपूर्ण उपचार विधि निम्नलिखित हैं

(i) कोलॉयडी प्रतिबन्धन (Colloidal Conditioning) (ii) कार्बोनेट प्रतिबन्धन (Carbonate Conditioning)

(iii) कैलगन प्रतिबन्धन (Calgon Conditioning) (iv) फॉस्फेट प्रतिबन्धन (Phosphate Conditioning)

4) जल की कठोरता के निर्धारण की E.D.T.A. विधि समझाइए।

(UPBTE 2008)

Describe EDTA method for determination of water hardness.

उत्तर जल की कठोरता जल में घुले कैल्सियम एवं मैग्नीशियम के सल्फेट तथा बाइकार्बोनेट लवणों के घुले होने के कारण होती है।

जल की कठोरता के आकलन की यह आधुनिक एवं सबसे उत्तम विधि है, लेकिन इस विधि में प्रयुक्त प्रतिकारक अधिक महँगे हैं, इसलिए यह विधि साधारण प्रयोगशाला के लिए उपयुक्त नहीं है।

सिद्धान्त एथिलीन डाइऐमीन टेट्रा-ऐसीटेट का संक्षिप्त नाम E.D.T.A. है, जो एथिलीन डाइऐमीन टेट्रा ऐसीटिक एसिड का द्विक्षारीय सोडियम लवण है। इस लवण का यह गुण है कि यह NH_4Cl तथा NH_4OH के प्रतिरोधक माध्यम में कैल्सियम व मैग्नीशियम दोनों ही के लवणों से क्रिया करता है तथा क्षारीय माध्यम में केवल कैल्सियम के ही लवणों से क्रिया करता है। इस गुण का लाभ जल की कठोरता ज्ञात करने में प्राप्त होता है। पहले NH_4Cl तथा NH_4OH के प्रतिरोधक माध्यम तथा एरियोक्रोम ब्लैक-टी (EBT) सूचक का प्रयोग करके Ca व Mg दोनों के लवणों के कारण उपस्थित कठोरता परिकलित कर लेते हैं तथा उसके बाद NaOH के क्षारीय माध्यम तथा म्यूरेक्साइड विलयन को सूचक के रूप में प्रयोग कर केवल Ca लवणों द्वारा उपस्थित कठोरता परिकलित की जाती है।

5. घरेलू जलापूर्ति का विसंक्रमण (disinfection) क्यों आवश्यक है? कोई दो विधियों को बताइए।

(UPBTE 2008)

Why there is a need of disinfection of water supply at home? Describe any two methods.

अथवा जल को रोगाणु रहित करने के लिए उपयोग में आने वाली विधियों का वर्णन कीजिये।

(UPBTE Sem-I, 2016)

Explain the different methods used for disinfection of water.

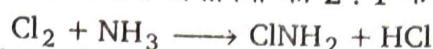
उत्तर घरेलू जलापूर्ति के लिये विसंक्रमण हम जानते हैं कि मानव के स्वास्थ्य के लिए पीने वाला जल अच्छी गुणता वाला अवश्य होना चाहिये, यहाँ तक कि जल के filtration के बाद भी जल में बीमारी फैलाने वाले कीटाणु होते हैं जिन्हें नष्ट करना अति आवश्यक होता है। इन बीमारी फैलाने वाले कीटाणुओं को नष्ट करने की प्रक्रिया ही विसंक्रमण (disinfection) कहलाती है।

विसंक्रमण की विधियाँ जल के विसंक्रमण की निम्नलिखित विधियाँ होती हैं

1. क्लोरीनीकरण के द्वारा (By Chlorination)
2. ओजोनीकरण के द्वारा (By Ozonisation)
3. उबालने की क्रिया द्वारा (By Boiling)

1. क्लोरीनीकरण के द्वारा विसंक्रमण क्लोरीनीकरण द्वारा जल का विसंक्रमण एक पुरानी जानी-मानी विधि है। इसमें क्लोरीन गैस (Cl_2) का प्रयोग किया जाता है, क्लोरीन गैस इसके विभिन्न यौगिकों के प्रयोग द्वारा उपलब्ध कराते हैं।

इसके लिए क्लोरामिन यौगिक तथा ब्लीचिंग पाउडर (chloramine compound and bleaching powder) मुख्य होते हैं। क्लोरामिन का उत्पादन क्लोरीन तथा अमोनिया को 2 : 1 के अनुपात में मिलाकर किया जाता है।

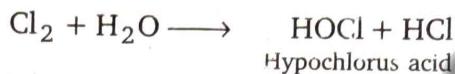
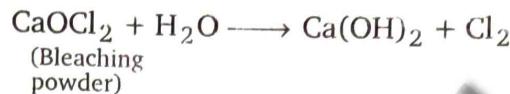


क्लोरीनीकरण विधि में पहले अमोनिया गैस जल में एक निश्चित मात्रा में प्रवाहित की जाती है और इसके तुरन्त बाद निश्चित मात्रा में क्लोरीन गैस प्रवाहित की जाती है।



इसका लाभ यह है कि क्लोरीन गैस जल में देर तक रह सकती है।

जब ब्लीचिंग पाउडर जल में मिलाया जाता है तो यह क्लोरीन गैस को मुक्त करता है। यह 25% से 30% तक क्लोरीन गैस छोड़ता है जो विसंक्रमण की तरह कार्य करती है।



जब क्लोरीन जल में प्रवाहित होती है तो यह हाइपोक्लोरस अम्ल बनाती है जो एक रोगाणुनाशक होता है और यह जल में विद्यमान कीटाणुओं को नष्ट करता है; क्योंकि इस अम्ल में O_2 बनती है जो कीटाणुओं का इनके ऑक्सीकरण द्वारा नाश करती है।

2. ओजोनीकरण के द्वारा विसंक्रमण ओजोन (O_3) एक हल्के नीले रंग की गैस होती है जो एक अस्थायी गैस होती है जो शीघ्र ही O_2 तथा नवजात ऑक्सीजन [O] में बदल जाती है।



क्योंकि नवजात ऑक्सीजन [O] एक प्रबल ऑक्सीकारक होती है, इसलिये जल में विद्यमान कीटाणुओं तथा कार्बनिक पदार्थों को तेजी से ऑक्सीकृत करके इनको नष्ट कर देती है। इस प्रक्रिया में जल के स्वाद में कोई प्रभाव नहीं पड़ता है, जबकि क्लोरीनीकरण प्रक्रिया में जल स्वादहीन हो जाता है; क्योंकि यह गैस जल में अल्प विलेय होती है। इसलिये विसंक्रमण के लिये विशेष उपकरण जिसे ओजोनाइजर (ozoniser) कहते हैं, का प्रयोग करते हैं। जल को यदि पूर्ण रूप से कीटाणुविहीन करना हो तो इसको 2-3 ppm ओजोन के साथ लगभग 10 मिनट तक सम्पर्क में रखना चाहिये।

- **6. परम्यूटिट क्या होते हैं? ये जल को किस प्रकार मृदु करते हैं?**

What are permalits? How they can soften the water?

उत्तर यह विधि जल की अस्थायी तथा स्थायी दोनों प्रकार की कठोरता दूर करने हेतु उपयोग में लायी जाती है। इस विधि में सोडियम तथा ऐलुमिनियम का मिश्रित सिलिकेट, $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ प्रयुक्त होता है जिसे सोडियम जियोलाइट या परम्यूटिट कहते हैं। इसे Na_2Z द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं।

जियोलाइट के सोडियम आयनों का यह गुण होता है कि ये अन्य धनायनों द्वारा प्रतिस्थापित हो जाते हैं और ये आयन फिर सोडियम आयनों द्वारा प्रतिस्थापित किये जा सकते हैं।

परम्यूटिट की मोटी तह को रेत की तहों के बीच रखते हैं। कठोर जल ऊपर से प्रवाहित किया जाता है जो रेत की पहली तह में से छनने के पश्चात् परम्यूटिट से क्रिया कर Ca तथा Mg के जियोलाइट के अवक्षेप बनाता है। रेत की निचली तह अवक्षेप को रोक लेती है और मृदु जल छनकर नल के रास्ते से बाहर आ जाता है।

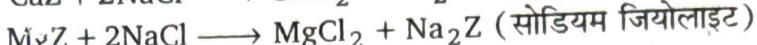
अस्थायी कठोर जल में $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{Z} \rightarrow \text{CaZ} \downarrow + 2\text{NaHCO}_3$



स्थायी कठोर जल में $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{Z} \rightarrow \text{CaZ} \downarrow + 2\text{NaCl}$



कुछ समय पश्चात् परम्पूटिट की जल को मृदु करने की क्षमता समाप्त हो जाती है। इसे पुनः काम में लाने के लिये ऊपर से साधारण नमक का 10% घोल प्रवाहित करते हैं जिससे फिर सोडियम जियोलाइट बन जाता है।



इस प्रकार परम्पूटिट बार-बार उपयोग में राखा जा सकता है।

7. घरेलू उपयोग में कठोर जल के प्रयोग से क्या हानियाँ हैं?

What are the demerits of using hard water at home?

उत्तर घरेलू उपयोग में कठोर जल से होने वाली हानियाँ निम्नलिखित हैं

1. **कपड़े धोने में** कठोर जल साबुन के साथ शीश्रूता से झाग (lather) नहीं बनाता है। कठोर जल साबुन के साथ तभी झाग बनाता है, जबकि समस्त Ca तथा Mg लवण साबुन द्वारा अवक्षेप हो जाते हैं। इस प्रकार साबुन की वर्याप्ति मात्रा कठोर जल के Ca तथा Mg के साथ अवक्षेप बनाने में अवर्थ चली जाती है।
2. **नहाने में** कठोर जल साबुन के साथ स्वतन्त्र रूप में झाग नहीं बनाता है, फलतः साबुन की सफाई करने की क्षमता कम हो जाती है और साबुन व्यथे भी चला जाता है।
3. **पीने में** कठोर जल हमारी गांधन प्रणाली पर भी बुरा प्रभाव डालता है। इससे कैल्सियम ऑक्सेलेट बनकर पेशाब के रास्ते में पथरी बनने की सम्भावन रह जाती है।
4. **खाना बनाने में** कठोरता उत्पन्न करने वाले रूपों की उत्तरिति में जल का क्वथनांक (B.P.) अधिक हो जाता है, फलतः खाना बनाने के लिये ईंधन तथा समय अधिक लगता है। इससे दालों देर से पकती हैं और चाय में स्वाद भी अच्छा नहीं आता है।

8. भरण जल में मौजूद अशुद्धियों के कारण बॉयलर में होने वाली क्षतियों की विवेचना कीजिए। इन अशुद्धियों को दूर करने की विधि की रूपरेखा दीजिए। (UPBTE 2012)

Describe losses in Boiler due to impurities in stored water. Give methods to remove these impurities.

अथवा जल की कठोरता जल को बॉयलर उपयोग हेतु कैसे अनुपयुक्त कर देती है? (UPBTE 2014)

How hardness of water makes the water unsuitable for boiler?

अथवा बायलरों पर पपड़ी कैसे बनती है? इससे क्या हानियाँ होती हैं। पपड़ी बनने को कैसे रोका जा सकता है? (UPBTE Sem-I, 2016)

How scales are formed on boilers? Give disadvantages of scale formation. How it can be prevented?

उत्तर बॉयलरों में भाप के लिये कठोर जल का प्रयोग नहीं किया जा सकता; क्योंकि कठोर जल में उपस्थित कैल्सियम तथा मैग्नीशियम के बाइकार्बोनेट, क्लोराइड तथा सल्फेट एवं सिलिका, ऐलुमिना आदि अशुद्धियाँ बॉयलर के लिये निम्न प्रकार से हानिकारक होती हैं

बॉयलरों में पपड़ी का बनना इस कठोर जल को जिसमें Ca तथा Mg लवण, सिलिका, ऐलुमिना आदि विलेय होते हैं, वाष्णीकृत करने पर ये अशुद्धियाँ अवशेष (residue) के रूप में बॉयलर की तली में एकत्रित होती जाती हैं और पपड़ी का रूप धारण करती हैं। पपड़ी धीरे-धीरे मोटी होती जाती है। इस पपड़ी के कारण निम्नलिखित हानियाँ होती हैं

1. ऊष्मा की क्षति या ईंधन का अपव्यय यह पपड़ी ऊष्मा की कुचालक है तथा ऊष्मारोधी पदार्थ का कार्य करती है। इससे बॉयलर द्वारा भाप का अविरत प्रवाह नहीं हो पाता है। भाप के प्रवाह को अविरत रखने के लिए अधिक ऊष्मा की आवश्यकता पड़ती है। ईंधन की मोटाई $1/16$ इंच तक की होती है तो ईंधन का अपव्यय 12% बढ़ जाता है।

2. बॉयलर का क्षतिग्रस्त होना बॉयलर को अधिक ऊष्मा देने से बॉयलर धातु का अतितापन (over heating) हो जाता है और इस प्रकार से निम्नलिखित हानियाँ होती हैं

(i) बॉयलरों की प्लेटें और नलिकायें क्षतिग्रस्त हो जाती हैं तथा रिवेट, जोड़ आदि ढीले पड़ जाते हैं।

(ii) पेये पपड़ी के कारण बॉयलर का अतितापन होता है, तब बॉयलर की धातु की चालन की क्षमता, ऊष्मा के प्रभाव से अधिक प्रभावित होती है, क्योंकि धातु तथा पपड़ी का ऊष्मा-गुणांक भिन्न होता है। अतः असमान प्रसार के

कारण कभी-कभी पपड़ी टूट जाती है और जल गर्म धातु के सम्पर्क में आ जाता है जिससे अधिक भाप उत्पन्न हो जाती है और उसका दाब अधिक हो जाने पर कभी-कभी बॉयलर फट जाता है।

- (iii) पपड़ी की वजह से अतितापन होने पर तापमान अधिक हो जाता है। इस ताप पर भाप धातु (लोहा) से क्रिया करता है और विलेय हो जाता है। यह फैरिक ऑक्साइड, स्लज (sludge) के रूप में पृथक् होता है।



बॉयलर की बाहरी सतह भी वायुमण्डलीय ऑक्सीजन से अभिक्रिया करके आयरन ऑक्साइड बनाती है। बॉयलर की तली में एकत्रित होने वाले निषेप को स्लज (sludge) कहते हैं और बॉयलर की तली में चिपकने वाले पदार्थ को पपड़ी कहते हैं।

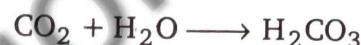
स्लज और पपड़ी को दूर करना स्लज और पपड़ी को निम्न प्रकार से दूर किया जा सकता है

- (i) जल की कठोरता दूर करके इसे मृदु बनाया जाता है।
- (ii) बॉयलर में भरे जल में सोडियम फॉस्फेट मिलाते हैं जो पपड़ी के चिपकने को कम करता है और उससे जल की कठोरता भी कम होती है और बॉयलर का संक्षारण भी नहीं हो पाता है।
- (iii) स्लज और पपड़ी को फूँककर तथा जल का प्रवाहन कम करके दूर करते हैं।

बॉयलरों का संक्षारण कठोर जल में उपस्थित Ca तथा Mg लवण, CO_2 , H_2S कुछ कार्बनिक यौगिक आदि संक्षारण करते हैं। Ca, Mg आदि के क्लोराइडों के जल अपघटन (hydrolysis) होने पर अम्ल उत्पन्न होते हैं जिनके क्षयकारी प्रभाव के कारण बॉयलर की आयु कम हो जाती है।



जब विलेय O_2 बॉयलर धातु से क्रिया करके लोहे के ऑक्साइड बनाती है जिसके बढ़ने के कारण बॉयलर का संक्षारण होता है। जल में विलेय CO_2 जल से क्रिया करके कार्बोनिक अम्ल बनाती है। यह अम्ल भी लोहे का संक्षारण करता है।



बॉयलर का संक्षारण रोकने के लिए यह अत्यन्त आवश्यक है कि इसमें मृदु जल का ही उपयोग किया जाए।

बॉयलर का संक्षारण रोकने के उपाय बॉयलर के संक्षारण को रोकने हेतु निम्न उपाय किये जाते हैं।

- (i) जल में विलेय ऑक्सीजन को दूर करने के लिए ऐसे पदार्थों की कुछ मात्रा जल में मिला देते हैं जो ऑक्सीजन को अवशोषित कर लेते हैं; जैसे—सोडियम सल्फाइड, हाइड्रोजीन, पाइरोगैलोल आदि।
- (ii) जल में विलेय अन्य गैसों को विभिन्न de-aerator की सहायता से दूर कर लेते हैं।
- (iii) बॉयलर पोषित जल में विलेय अम्लों; जैसे—HCl आदि को सोडियम कार्बोनेट आदि मिलाकर उदासीन कर लेते हैं।

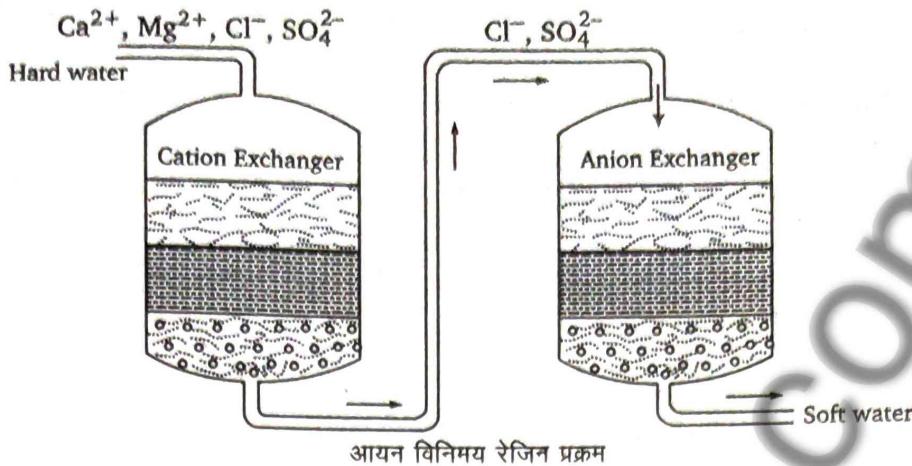
9. जल को मृदु बनाने के लिए आयन विनिमय के सिद्धान्त को किस प्रकार लागू किया जाता है? (UPBTE 2003)

How ion exchange principle would be implemented to make soft water?

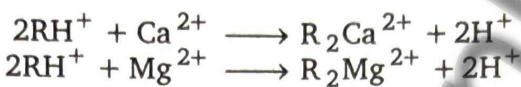
उच्चर आयन विनिमय रेजिन सिद्धान्त से कठोर जल को मृदु जल बनाने की यह विधि आधुनिक तथा उत्तम है। इस विधि के द्वारा स्थायी तथा अस्थायी दोनों प्रकार की कठोरताएँ दूर हो जाती हैं।

आयन विनिमय रेजिन अघुलनशील, तिरछे जुड़े (cross linked), लम्बी शृंखला वाले कार्बनिक बहुलक होते हैं जिनकी अत्यन्त महीन छिद्रयुक्त (microporous) संरचना होती है। इनकी शृंखला से जुड़े क्रियात्मक समूह इनके आयन विनिमय गुण के उत्तरदायी होते हैं। इनके दो प्रकार—धनायन विनिमय रेजिन (RH^+) तथा ऋणायन विनिमय रेजिन ($\text{R}'\text{OH}^-$) होते हैं।

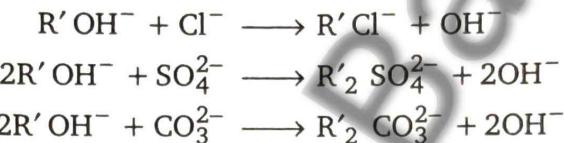
जिन रेजिनों में अम्लीय क्रियात्मक समूह ($-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$ आदि) होते हैं, वे अपने H^+ का प्रतिस्थापन जल में उपस्थित धनायनों द्वारा कर लेते हैं। जिन रेजिनों में भास्मिक क्रियात्मक समूह ($-\text{NH}_2$, $=\text{NH}$ हाइड्रोक्लोराइड के रूप में) होता है, वे अपने ऋणायन सम्पर्क में आने वाले ऋणायनों द्वारा प्रतिस्थापित कर लेते हैं।



विधि कठोर जल को पहले धनायन विनियम स्तम्भ में प्रवाहित करते हैं, जहाँ Ca^{2+} तथा Mg^{2+} आदि पृथक् हो जाते हैं और H^+ उत्पन्न हो जाते हैं।



धनायन विनियमक के पश्चात् कठोर जल को ऋणायन विनियम स्तम्भ में प्रवाहित करते हैं, जहाँ जल में विद्यमान Cl^- तथा SO_4^{2-} आदि ऋणायन प्रतिस्थापित हो जाते हैं और OH^- समतुल्य मात्रा में उत्पन्न हो जाते हैं।



अब मुक्त H^+ तथा OH^- परस्पर मिलकर जल अणु बनाते हैं।



इस प्रकार विनियमक (exchanger) से बाहर निकलने वाला जल धनायनों तथा ऋणायनों से मुक्त होता है। इस आयन मुक्त जल को विआयनीकृत (deionised) या विखनिजीकृत (demineralised) जल कहते हैं।

10. (I) नगरपालिका अपशिष्ट जल, (II) औद्योगिक अपशिष्ट जल के उपचार की विवेचना कीजिए। BOD तथा COD की परिभाषा दीजिए। (UPBTE 2004)

(I) Describe municipality waste water (II) Industrial waste water. Define BOD and COD.

अथवा BOD तथा COD की परिभाषा दीजिए।

(UPBTE 2006, 16)

Give the definition of BOD and COD.

उत्तर (I) नगरपालिका अपशिष्ट जल का उपचार इस जल को शुद्ध करने के लिए निम्नलिखित उपचार किया जाता है

1. जल में से निलम्बित अशुद्धियों को दूर करना इन अशुद्धियों को निम्नलिखित चरणों में दूर किया जा सकता है

(i) अवसादन इस विधि में अपशिष्ट जल को बड़े-बड़े तालाबों में इकट्ठा कर दिया जाता है तथा इसे कुछ समय के लिये छोड़ दिया जाता है जिससे कुछ समय बाद भारी निलम्बित अशुद्धियाँ तालाब की तली में बैठ जाती हैं।

(ii) अवक्षेपन या स्कंदन अवसादन विधि में भारी अशुद्धियाँ तो नीचे बैठ जाती हैं, लेकिन हल्के अशुद्धि कण पानी की सतह पर तैरते रहते हैं। वास्तव में ये अपद्रव्य कलिल अवस्था में होते हैं, इसलिये इनको स्कंदन की प्रक्रिया द्वारा पृथक् किया जाता है। इस क्रिया में पानी में फिटकरी को मिलाया जाता है जिससे इन अशुद्धियों के साथ ही जीवाणु भी अवक्षेपित हो जाते हैं। अवक्षेपित होकर ये नीचे बैठ जाते हैं तथा ऊपर शुद्ध जल रह जाता है।

(iii) छानना अवसादन तथा स्कंदन से जल की निलम्बित अशुद्धियाँ तथा जीवाणु पूर्ण रूप से दूर नहीं होते हैं, इसके लिये जल को आयताकार बड़े-बड़े तालाबों में प्रवाहित किया जाता है। इन तालाबों में कई फिल्टर बैड (filter beds) बनाई जाती हैं जो बजरी, कंकड़, रेत तथा चारकोल आदि से बनी होती हैं। जब अशुद्ध जल इनसे गुजारा जाता है तो इससे जीवाणु तथा बची हुई अशुद्धि नीचे तली में बैठ जाती हैं और स्वच्छ जल प्राप्त हो जाता है।

2. जल में उपस्थित हानिकारक कीटाणुओं को नष्ट करने के लिए इसमें निम्नलिखित प्रक्रियाएँ अपनायी जाती हैं

(i) उबालकर जल को उबालने पर जल में उपस्थित जीवाणु पूर्ण रूप से नष्ट हो जाते हैं, लेकिन बड़े स्तर पर जल को उबालना सार्थक नहीं होता है। घरों में छोटे स्तर पर इस विधि को अपनाया जाता है।

(ii) वायु द्वारा जब अशुद्ध जल को फव्वारों द्वारा हवा में उछाला जाता है तो हवा में उपस्थित ऑक्सीजन पानी में उपस्थित जीवाणुओं को ऑक्सीकृत करके नष्ट कर देती है।

(iii) क्लोरीन द्वारा क्लोरीन जीवाणुनाशक गैस है। जल में थोड़ा विरंजक चूर्ण (bleaching powder) या द्रवित क्लोरीन मिलाने से जल जीवाणुविहीन हो जाता है। यह एक सस्ती, सरल तथा विश्वसनीय एवं सुरक्षित विधि है। बड़े स्तर पर जल को जीवाणुमुक्त करने के लिए प्रायः इसी का प्रयोग किया जाता है।

(iv) नीलोत्तर प्रकाश या पराबैंगनी किरणों द्वारा इस विधि में मर्करी वाष्प लैम्पों (mercury vapour lamps) द्वारा प्रकाश या पराबैंगनी किरणों को जल में प्रवाहित करते हैं जिससे जल जीवाणुरहित हो जाता है। ये किरणें अल्प समय में ही जल की अति गहराई तक के जीवाणुओं को समूल नष्ट कर देती हैं।

(v) औद्योगिक अपशिष्ट जल का उपचार इस जल के उपचार के लिये कुछ रसायनों का प्रयोग किया जाता है तथा इसी जल को पुनः उद्योगों में प्रयोग में लाया जाता है। इस अपशिष्ट जल की अशुद्धियाँ निम्न चरणों में दूर की जाती हैं।

1. लौह तथा मैंगनीज को हटाना जल में लोहा फेरस-बाइ-सल्फेट (ferrous-bi-sulphate) के रूप में उपस्थित होता है तथा मैंगनीज बाइ कार्बोनेट तथा सल्फेट के रूप में रहता है। ये दोनों अशुद्धियाँ निम्न प्रकार से दूर की जा सकती हैं।

(i) वातन या वायु द्वारा वायु में उपस्थित O_2 को पानी के फव्वारों के रूप में ऊपर उछालने पर फेरस बाइकार्बोनेट, फेरिक हाइड्रोऑक्साइड तथा मैंगनीज बाइकार्बोनेट, मैंगनीज ऑक्साइड (MgO) में बदल जाता है। इसके बाद इन्हें अलग कर लिया जाता है।

(ii) परम्पूटिट या सोडा लाइम विधि के द्वारा पानी शुद्ध किया जा सकता है।

(iii) स्कन्दन विधि से पानी शुद्ध किया जा सकता है।

2. सिलिका को हटाना जल में सिलिका का उपस्थित होना काफी खतरनाक अशुद्धि मानी जाती है; क्योंकि जब सिलिका मिश्रित जल को उच्च दाबित बॉयलर में भरा जाता है तो बॉयलर में एक सख्त यपड़ी जम जाती है। इस अशुद्धि को निम्न प्रकार से दूर किया जा सकता है।

(i) जल में सोडियम फ्लोराइड मिलाकर इसे अम्लीय रेजिन में से गुजारा जाता है तथा इसके बाद जल को क्षारीय रेजिन में से गुजारा जाता है जिसके फलस्वरूप हाइड्रोफ्लोरो सिलिसिक अम्ल (H_2SiF_6) बन जाता है तथा मृदु जल प्राप्त होता है।

(ii) डिस्टिलेशन विधि द्वारा (by distillation method) भी सिलिका को दूर किया जा सकता है।

जल में उपस्थित गैसों को; जैसे— N_2 , O_2 , SO_2 आदि को जल में उबालकर, जल में से अलग किया जा सकता है।

B.O.D. Biological Oxygen Demand मिलीग्राम प्रति लीटर में ऑक्सीजन की वह मात्रा जो किसी द्रव रासायनिक प्रक्रिया के नाइट्रीफिकेशन प्रक्रिया (nitrification process) के प्रारम्भ होने तक खर्च होती है, B.O.D. कहलाती है।

C.O.D. Chemical Oxygen Demand O_2 की वह मात्रा जो जल में उपस्थित कार्बनिक और अकार्बनिक पदार्थों के पूर्ण ऑक्सीकरण के लिये आवश्यक होती है, C.O.D. कहलाती है।

11. COD तथा BOD में विभेद कीजिए।

(UPBTE 2016)

Distinguish between COD and BOD.

उत्तर रासायनिक ऑक्सीजन मांग Chemical Oxygen Demand; COD सीवेज में उपस्थित किसी भी प्रकार की अशुद्धियों को मापने के लिए रासायनिक ऑक्सीजन मांग (COD) की आवश्यकता होती है। अर्थात् इसके द्वारा कार्बनिक व अकार्बनिक दोनों प्रकार की अशुद्धियों को ऑक्सीकृत किया जाता है।

रासायनिक ऑक्सीकारकों द्वारा सीवेज व अन्य अपद्रव्य पदार्थों का ऑक्सीकरण करने के लिए आवश्यक ऑक्सीजन की मात्रा रासायनिक ऑक्सीजन मांग (chemical oxygen demand) कहलाती है। इसे मिलीग्राम प्रति लीटर से प्रदर्शित करते हैं।

जैव ऑक्सीजन मांग Biological Oxygen Demand; BOD जल में उपस्थित सूक्ष्म जीव जल में विलय ऑक्सीजन का उपयोग करके जल के कार्बनिक पदार्थ को खनिज पदार्थों में ऑक्सीकृत करते हैं। इससे जल प्रदूषण कम होता है। BOD को निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है

“20°C ताप पर, वायवीय अवस्था में कार्बनिक पदार्थों का जैविक ऑक्सीकरण करने में ऑक्सीजन की जितनी मात्रा की आवश्यकता होती है, उसे जैव ऑक्सीजन मांग (BOD) कहते हैं।” इसमें अपद्रव्य पदार्थों के ऑक्सीकृत होने में पाँच दिन का समय लगता है।

सीवेज नमूने (sewage samples) की कुछ मात्रा को तनु जल (dilute water) में घोलकर तनु किया जाता है। इस विलयन की घुलित ऑक्सीजन (D_1) को पहले ही ज्ञात कर लेते हैं। अब इस विलयन को 5 दिन के लिए रख देते हैं तथा इस विलयन में घुलित ऑक्सीजन (D_2) को ज्ञात कर लिया जाता है।

$$BOD = D_1 - D_2 \times \frac{\text{तनु करने के पश्चात् नमूने का आयतन}}{\text{तनु करने से पूर्व नमूने का आयतन}}$$

12. जल की कठोरता को CaCO_3 तुल्यांक के रूप में क्यों प्रदर्शित किया जाता है? क्या होता है जब कठोर जल को गर्म किया जाता है? (UPBTE 2013)

Why hardness of water is represented as a equivalent of CaCO_3 ? What happen when hard water would be heated?

उत्तर जल की कठोरता की गणना CaCO_3 तुल्यांक के रूप में की जाती है; क्योंकि इसका अणुभार पूरा 100 होता है।

अतः जल की कठोरता के उत्तरदायी सभी लवणों का ग्राम अणुभार (100) CaCO_3 के ग्राम अणुभार के समतुल्य लेते हैं। कठोर जल को गर्म करने से उसमें उपस्थित अस्थायी कठोरता दूर हो जाती है।

प्रश्न 13. एक कठोर जल के नमूने में 1.11 मिलीग्राम प्रति लीटर CaCl_2 उपस्थित है। इसकी कठोरता पी०पी०एम० में ज्ञात कीजिए। (UPBTE 2008)

In a hard water sample, 1.11 milli g/L CaCl_2 is present. Find out its hardness in PPM.

हल



$$40 + 2 \times 35.5 = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100$$

∴ 1 लीटर (1000 ग्र.) कठोर जल में 111 ग्राम CaCl_2 के समतुल्य CaCO_3 = 100 ग्राम

∴ 10^3 ग्राम कठोर जल में 1.11 ग्राम CaCl_2 के समतुल्य $\text{CaCO}_3 = \frac{100 \times 1.1}{111}$ ग्राम

∴ 10^6 ग्राम कठोर जल में 1.11 ग्राम CaCO_3 के समतुल्य $\text{CaCO}_3 = \frac{100 \times 1.1 \times 10^6}{111 \times 10^3}$ ग्राम = $10^3 = 1000$

ग्राम

अतः जल की कठोरता = 1000 पी०पी०एम०

14. जल के एक नमूने में 204 मिलीग्राम CaSO_4 प्रति लीटर है। इसकी CaCO_3 के समतुल्य कठोरता ज्ञात कीजिए।

In a water sample, 204 milligram CaSO_4 is present per litre. Find out its hardness with respect to CaCO_3 .

हल



$$40 + 32 + 4 \times 16 = 40 + 12 + 3 \times 16$$

$$= 136 \text{ ग्राम प्रति मोल} = 100 \text{ ग्राम प्रति ग्रोल}$$