

Maco Gyver a pašeráci umelých hnojív - riešenie

Benko Ján · Prírodné vedy

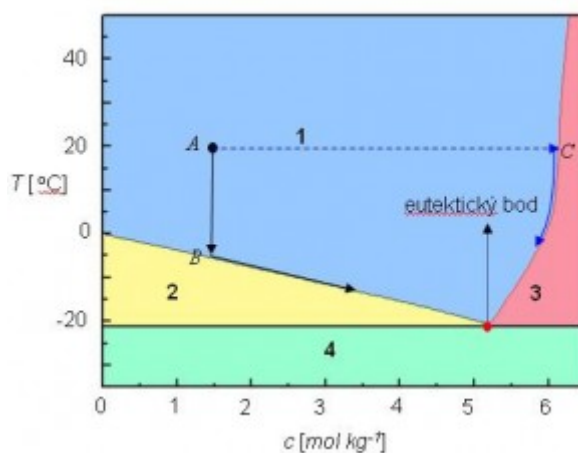
10.06.2009



V predošlej časti sme nechali Maca Gyvera samého na lodi bez pitnej vody. No Maco nie je žiadna blekocina, takže ovláda umenie survivalu. S odstupom času nám prezradil ako sa mu podarilo prežiť v tejto životu nebezpečnej situácii...

Tu je Macova rekonštrukcia:

Morská voda obsahuje v prevažnej miere chlorid sodný, preto budeme ako modelový systém uvažovať vodný roztok tejto soli s koncentráciou 0.44 mol.kg^{-1} . Pomery pri ochladzovaní tohto roztoku znázorňuje fázový diagram na obr. 1.



Obr. 1. Fázový diagram roztoku chloridu sodného vo vode. 1 - roztok NaCl, 2 - ľad + roztok NaCl, 3 - nasýtený roztok NaCl + pevný NaCl, 4 - ľad + pevný NaCl

Ak je stav systému, na obr. 1, daný bodom A, má tento dva stupne voľnosti, čo vyplýva z Gibbsovoho fázového zákona, rovnica (1).

$$\nu = k - f + 2 \quad (1)$$

kde ν je počet stupňov voľnosti (počet nezávislých premenných veličín, ktoré charakterizujú stav sústavy), k je počet zložiek (minimálny počet látok, z ktorých sa daná sústava skladá), f je počet fáz, 2 - predstavuje dve premenné teplotu a tlak. V

našom prípade dej prebieha za konštantného tlaku a rovnica (1) prejde na tvar (2)

$$\nu = k - f + 1 \quad (2)$$

Roztok soli vo vode má dve zložky NaCl a vodu. Oblasť 1, tvorí jednu fázu. V tejto oblasti sa môže v určitom intervale meniť teplota a zloženie, bez toho, aby sa počet fáz zmenil. V prípade, že teplota poklesne na hodnotu, pri ktorej dosiahne bod B, začne vypadávať ľad a v systéme sa nachádzajú dve fázy ľad a roztok soli. Tento systém má len jeden stupeň voľnosti, s poklesom teploty ľad postupne vypadáva čím je daná koncentrácia soli v roztoku. Keď teplota dosiahne hodnotu $-21.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (eutektický bod) začne vypadávať z roztoku ľad aj soľ, systém nemá žiaden stupeň voľnosti, v tomto bode sa nachádza kvapalný roztok soli vo vode, ľad a NaCl v pevnom skupenstve. Spolu sú to 3 fázy a podľa rovnice (2) systém nemá žiaden stupeň voľnosti. Druhá možnosť je pridávať do roztoku pevný NaCl pri konštantnej teplote. Tento sa bude rozpúšťať, až kým sa nedosiahne bod C, v tomto bode je roztok nasýtený a NaCl sa prestane rozpúšťať. Následným ochladzovaním nasýteného roztoku NaCl, začne vypadávať z roztoku pevný NaCl. Systém má opäť jeden stupeň voľnosti. NaCl postupne vypadáva, až sa dosiahne eutektický bod, v ktorom sa opäť objavia tri fázy a systém nemá žiaden stupeň voľnosti.

Maco Gyver odhadol, že $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ je dostatočná teplota na to aby z 1 litra vody získal potrebné množstvo ľadu na núdzové pokrytie pitného režimu na jeden deň. Množstvo získaného ľadu sa dá vypočítať z rovnice (3)

$$\Delta T = n * c * K \quad (3)$$

kde K je kryoskopická konštanta vody $K=1.86\text{ K mol}^{-1}\text{ kg}$, c je koncentrácia soli, n je počet iónov na ktoré soľ vo vode disociuje (pre NaCl $n=2$) a ΔT je zníženie teploty tuhnutia.

Z kryoskopickéj konštanty sa dá vypočítať koncentrácia vodného roztoku NaCl, ktorý má bod tuhnutia -10°C .

$$c = \frac{\Delta T}{n * K} = \frac{10}{2 * 1.86} = 2.69\text{ mol.kg}^{-1} \quad (4)$$

Ak v 1 litri je 0.44 molu NaCl, potom množstvo vody potrebné na roztok s koncentráciou 2.69 mol.kg^{-1} sa dá vypočítať nepriamou úmerou.

$$m_{(l)H_2O} = \frac{0.44 * 1}{2.69} = 0.16\text{ kg} \quad (5)$$

to znamená, že pri vymrazovaní 1 litra 0.44 molálneho roztoku NaCl pri $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ vypadne 0.84 kg ľadu, ktorý neobsahuje soľ a po roztopení sa dá použiť ako pitná voda.

Literatúra

1. K. Andrlík, O. Uher, J. Weigl, K. Dvořák, Chemické tabulky, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava 1964, str.232

