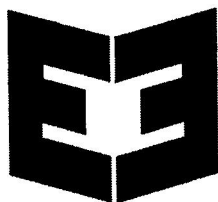


**СДРУЖЕНИЕ „РЕГИОНАЛНИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗИ  
С ДОМ НА НАУКАТА И ТЕХНИКАТА – ПЛОВДИВ”**

**ОБЩИНА ПЛОВДИВ**



**ЕКОЛОГИЯ И ЗДРАВЕ  
2008**

**СБОРНИК**

**на докладите от**

**СЕДМА НАЦИОНАЛНА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКА  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ**

**10 април, 2008 г.**

**Дом на науката и техниката – Пловдив, ул. „Гладстон” 1**

**Академично издателство на Аграрния университет  
Пловдив, 2008**

## ОМЕКОТЯВАНЕ НА ВОДА ЧРЕЗ КАВИТАЦИОННА ОБРАБОТКА

ДОНКА СТОЕВА МИЛЧО АНГЕЛОВ

## WATER SOFTENING THROUGH CAVITATIONAL TREATMENT

DONKA STOEVA MILCHO ANGELOV

UNIVERSITY OF FOOD TECHNOLOGIES - PLOVDIV

### Summary:

Bulgaria is amongst the most water-insufficient countries in Europe. The continuous increase of water consumption necessitates its wise use and constant care and prevention of pollution.

The water consumption subject is additionally "burdened" by the water considerable extent of pollution. One of the main anthropogenical sources of contamination are domestic, industrial and agricultural sewage waters. They are released in nature and a significant part of them are not sublimate. As a result, the issue "clean water" grows and becomes an extremely serious concern for Bulgaria. Industry is one of the biggest water consumers as it uses softened water.

The objective of the present work is exploration of possibilities to soften water through cavitation treatment in order to be used for industry needs. Several regimes of treatment have been studied and a comparative analysis prepared.

The experimental research performed proves that through cavitation treatment we can intensify the water softening technique and decrease considerably the duration of the process.

### Увод:

Представа за размерите на потреблението на вода от съвременната промишленост дават следните данни:

- \* за производството на 1 kg хартия са необходими  $0,2 \text{ m}^3$  вода;
- \* за производството на 1 kg капроново влакно –  $5,6 \text{ m}^3$  вода;
- \* за 1 kg ацетатна коприна –  $2,6 \text{ m}^3$  вода и т.н.

Както показва статистиката през последните 10 години потреблението на вода в промишлеността на развитите страни нараства ежегодно с 4 – 8%. При тези условия осигуряването на необходимите количества вода става все по-трудно, тъй като капацитетът на повечето източници е ограничен. От друга страна, претенциите на различните потребители към качествата на използваната от тях вода стават все по-диференцирани и практически неудовлетворими от наличните природни води. Дори и най-чистите и бедни на замърсявания природни води не могат да бъдат използвани в редица важни технологични процеси без предварителна обработка, с която да се

коригират качествата на потребяваната вода. Като най-голям потребител на омекотена вода е промишлеността, в частност парогенераторите, съвременните ТЕЦ-ове и АЕЦ-ове. В някои технологични схеми се налага и практически напълно обезсоляване.

#### **Материали и методи:**

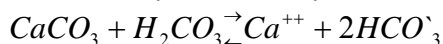
Водата използвана за промишлени нужди се добива от природни източници – подпочвени извори, изкуствени или природни басейни или каптажи. Тя се изпомпва до пречиствателната (дезинфекционна станция), където се подава в аерирани съоръжения. Аерацията се постига с помощта на компресори и дюзи. Кислородът разтворен във водата реагира с желязото и мангана, чието съдържание в природната вода е високо, около 5.0 респективно 0,2 mg/l, за това намалянето на тези елементи е крайно необходимо. Следва процес на филтриране, който се извършва често с така наречените "бързи филтри". Филтърът представлява пясъчно легло, където пясъкът играе ролята на филтър и задържа железните и манганиевите съединения, които се образуват в процеса на аерация. След като престои известно време в резервоарите на пречиствателните станции, водата се изпомпва с помощта на помпи за високо налягане към отделните помпени станции чрез водопрепосната мрежа. Там преди помпите за високо налягане може да са постави кавитатор, който да гарантира понижаването на общата твърдост на водата. Не е необходимо включване на допълнителни електрически устройства и следователно разходите за енергия ще се запазят като обичайните (необходима е само енергия за помпите). Този метод за допълнителна обработка на водата – с кавитатор преди подаването ѝ към потребителите е нов и надежден.

Водите в промишлеността се омекотяват най-често с метода варова обработка. Той обикновено е с продължителност 2 часа. Възможно е третирането на вода с хидродинамична кавитация, с която се понижава общата твърдост на вода.

Голямо значение за качеството на водата има нейната реакция (pH). Водата реагира спрямо метилоранж основно, а спрямо фенол-фталеин – кисело. Нейното pH нормално е между **6,5** и **7,0**.

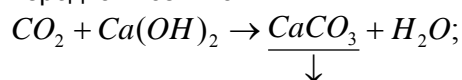
При отстраняване на излишъка от свободна въглеродна киселина водата придобива основна реакция, която се дължи на съдържащите се в нея карбонати и бикарбонати [2].

Разтварянето на калциевия карбонат се изразява с химичното уравнение:

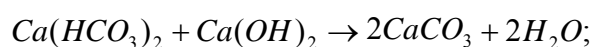


Поради обратимостта на реакцията във водата, винаги остава определено количество свободна въглеродна киселина, като между нея и CaCO<sub>3</sub> се установява равновесие. Ако се отстрани част от свободната въглеродна киселина, утаява се неразтворим CaCO<sub>3</sub>, докато се установи ново равновесие. Тази част от свободната въглеродна киселина, която се изразходва за разтваряне на CaCO<sub>3</sub>, се нарича агресивна въглеродна киселина. На нея се дължи корозионното действие на водата.

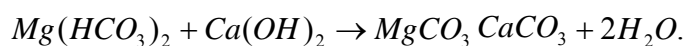
Превръщането на калциевия и магнезиевия бикарбонат в съответните карбонати при третиране на водата с наситен разтвор на  $\text{Ca(OH)}_2$  е основата на **варов (студен) метод**. При това в началото се свързва наличната свободна въглеродна киселина:



↓

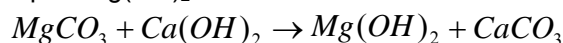


↓



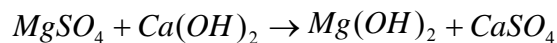
↓

Полученият  $\text{CaCO}_3$  се утаява, а част от  $\text{MgCO}_3$  остава в разтвор.  $\text{MgCO}_3$  се отстранява чрез прибавяне на излишък от калциев хидроокис, при което се образува неразтворим  $\text{Mg(OH)}_2$ :



↓

Излишъкът от  $\text{Ca(OH)}_2$  влиза също във взаимодействие с  $\text{MgSO}_4$ , при което технологичните качества на водата се повишават:



↓

Големият излишък от  $\text{Ca(OH)}_2$  повишава алкалитета на водата, което налага точното му дозиране.

Калциевият хидроокис се внася във водата във вид на варова вода. За целта определено количество гасена вар, съответстващо на 1,25 kg CaO за 1 m<sup>3</sup>, се размесва във вода. След насищане на разтвора и утаяване на неразтворимите частици бистрата течност се декантира. Чрез титруване на определен обем от нея с 0,1 % разтвор на HCl се определя титърът ѝ, т.е. съответстващото на 1 ml, респ. 1 l количество CaO.

Необходимото количество CaO за омекотяване на водата се изчислява по формулата на Лейков:

$$x = 28(K + Mg + C),$$

където:

$x$  е CaO, g/m<sup>3</sup>,

$K$  – карбонатната твърдост, meq/l;

$Mg$  – твърдостта, дължаща се на MgO, meq/l;

$C$  – свободната въглеродна киселина, meq/l.

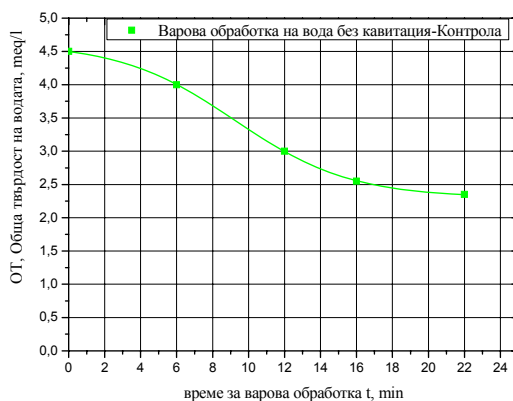
Полученото варно мляко се обработва чрез кавитация, като се прекарва многократно през кавитатор за получаване на интензивна хидродинамична кавитация. През определен интервал от време се вземат проби, които след това се сравняват с контролната проба (необработена кавитационно).

**Резултати и обсъждане:**

Основният потребител на омекотена вода са ТЕЦ-овете и други предприятия при които има нужда от такава вода. Методът на понижаване на ОТ на вода чрез варова обработка е енергоемък и изисква минимум два часа обработка на водата. След проведени експериментални изследвания при различни условия, се оказва, че с кавитационна обработка може да се интензифицира варовия метод и да се намали продължителността на обработка в порядъка на 22 ÷ 26 минути.

Успоредно с проведеният опит за интензифициране на метода варова обработка на вода с кавитация се проведе и контролен опит, за да се сравни времето и степента на омекотяване на вода. При класическия метод за намаляване на общата твърдост на вода за 22 минути обработка се постигна понижение на ОТ от 4,5 на 2,35 meq/l или има понижение на ОТ на вода с 2,15 meq/l за 22 минути [2].

В нашата страна е прието твърдостта на водата да се измерва в немски градуси или meq/dm<sup>3</sup>. Еквивалентната маса на СаО е равна на 28,04, т.е. 1 meq/dm<sup>3</sup> е равен на 2,804<sup>0</sup> Н, а един немски градус твърдост е равен на 0,35663 meq/dm<sup>3</sup>.



$$OT = 4,50497 - 0,01754 \cdot t - 0,01474 \cdot t^2 + 5,04289E-4 \cdot t^3$$

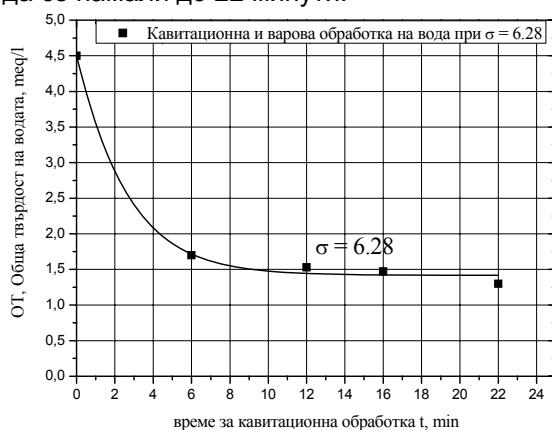
Фиг.1 Изменение на обща твърдост на вода при варова обработка

След математическа обработка, с коефициент на корелация 0,99899 се получи следното уравнение, с което може да се опише процеса на обработка.

Интензифицирането на метода за омекотяване на вода с варова обработка се проведе при два различни режима на хидродинамичната кавитация. Кавитационното число е показател за интензивността на кавитация. То може да се сведе до отношение на скорости в кавитатора и се регулира чрез промяна на най-тясното сечение в зоната на кавитация.

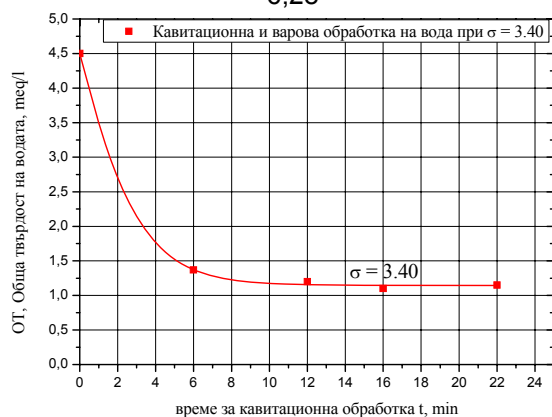
$$\bar{P} = \frac{(P_0 - P_{\min})}{\rho \frac{V^2}{2}} = \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 - 1; \quad \sigma = \bar{P} = \frac{2(P_0 - P_{\min})}{\rho V^2}$$

Използвани са кавитационно число  $\sigma = 6,28$  и  $\sigma = 3,4$ , изчислени по горната формула. При по ниското кавитационно число се постигат по-добри резултати. При обработка с кавитационно число  $\sigma = 6,28$ , ОТ на вода спада от 4,5 на 1,3 meq/l или има понижение на ОТ на водата с 3,2 meq/l. При обработка с кавитационно число  $\sigma = 3,4$  ОТ на вода спада от 4,5 на 1,15 meq/l или има понижение на ОТ на водата с 3,35 meq/l. Вижда се възможността за интензифициране на метода варова обработка на вода. Методът в нормални условия е с продължителност 2 часа. От проведените изследвания за интензифициране се установи, че с кавитационната обработка, времето за обработка може да се намали до 22 минути.



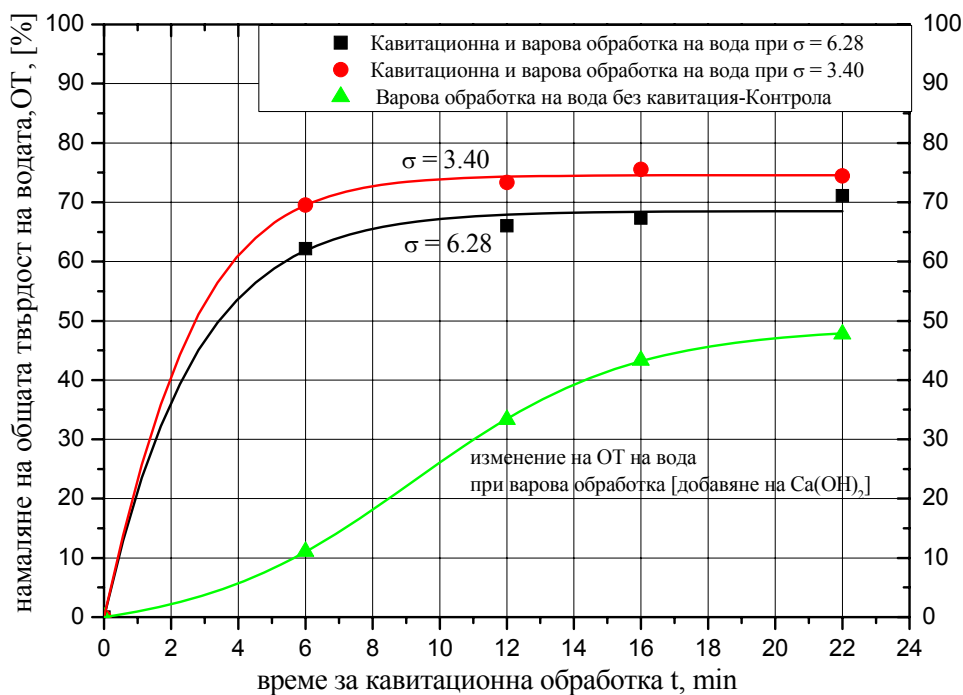
$$OT = 4,5 - 0,95066 \cdot t + 0,10939 \cdot t^2 - 0,00534 \cdot t^3 + 9,24085E-5 \cdot t^4$$

Фиг.2 Изменение на обща твърдост на вода при кавитационна обработка с  $\sigma = 6,28$



$$OT = 4,5 - 1,09511 \cdot t + 0,13176 \cdot t^2 - 0,00678 \cdot t^3 + 1,24369E-4 \cdot t^4$$

Фиг.3 Изменение на обща твърдост на вода при кавитационна обработка с  $\sigma = 3,4$



Фиг.4 Обща графика за трите опита – съпоставка в интензивността на методите

**Изводи:**

1. С кавитация може да се интензифицира процеса варова обработка, който се използва за омекотяване на вода за промишлени нужди.
2. Кавитационното число оказва силно влияние върху интензивността на метода варова обработка на вода.
3. По-голямо процентно омекотяване на водата се постига при пониските кавитационни числа - от 50% без кавитация до 75% при ниско кавитационно число.

**Литература:**

1. Ahmed, S. M., Investigation of the temperature effects on induced impact pressure and cavitation erosion. "WAER", Volume 218, Pages 119-127, 1998.
2. Бодурова, Д., Кавитационна обработка на течни среди. Дисертация – 2006.
3. Цачев, Ц., Пречистване на битови и отпадъчни води. "Техника" София, 2004.
4. Христов, П., ХВП трябва да се съобрази с недостига на вода. //Хранително-вкусова промишленост, 9, 2004, с 15-16.