

## EFFECTUL TRATĂRII SONICE ASUPRA MICROBIOLOGIEI APEI DE DUNĂRE

A. Ștefan, dr.hab.prof.univ. G. Bălan

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie din Brăila

### INTRODUCERE

S-a studiat influența tratării sonice a apei de Dunăre preluată din zonele de stagnare, în care apa este microbiologic mai încărcată, asemănătoare cu condițiile din iazurile naturale de creștere a peștelui.

Toate experimentele s-au efectuat cu generatorul gazodinamic de ultrasunete (fig.1) [1]. Aerul cu presiunea de alimentare  $p=0,4$  Mpa, pătrunde printr-un ștuț vertical (poziționat în centrul imaginii), se accelerează în ajutorul conic unde ajunge la viteza cu numărul Mach  $M=1$ , și acționează rezonatorul (situat în partea stângă, fig.1), care produce undele acustice[3] de mare putere (nivelul intensității acustice  $L_I=131,0$ dB, frecvența  $\nu=27,2$  kHz).



**Figura 1.** Generatorul sonic gazodinamic de ultrasunete[1]

Cercetarea tratării sonice (cu ultrasunete și cu barbotare concomitentă) necesită dirijarea și controlul procesului de tratare, care este asigurat de instalația experimentală (fig.2). Presiunea de lucru a generatorului, respectiv intensitatea și frecvența



**Figura 2.** Instalația experimentală pentru tratarea sonică a apei[1,2]

sunt controlate cu ajutorul manometrului de înaltă precizie (care se vede în prim plan în partea stângă a imaginii din fig.2). Aerul provenit de la compresor, cu o presiune de  $6\div 8$  bari, trece printr-un reductor de precizie, care asigură valoarea necesară presiunii de lucru în timpul tratării sonice[4].

În cadrul cercetărilor s-a urmărit determinarea a patru indicatori microbiologici de calitate: numărul total de germeni, numărul probabil de coliformi fecali, numărul probabil de coliformi totali și numărul de streptococi [5].

Cercetările microbiologice au avut ca scop determinarea influenței tratării sonice asupra apei brute, precum și apei în care s-au adăugat coagulanți utilizați în mod curent la tratarea apelor potabile (sulfat de aluminiu și polihidroxiclorură de aluminiu).

### 1. MICROBIOLOGIA APEI TRATATE SONIC

#### 1.1. Tratarea sonică a apei brute

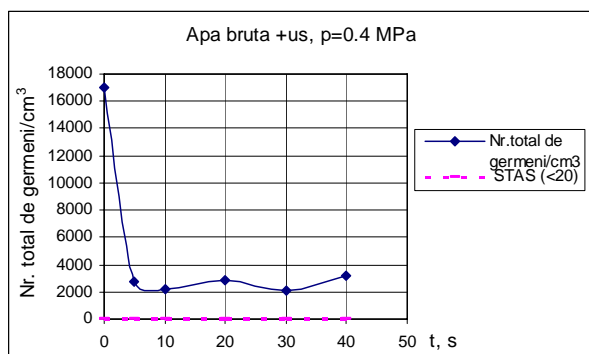
Generatorul gazodinamic, poziționat în interiorul vasului cilindric (fig.3), produce concomitent unde ultrasonore și barbotare, asigurând prin aceasta tratarea sonică a probei de apă de 1 litru.



**Figura 3.** Vasul cilindric cu generatorul gazodinamic de ultrasunete[1]

### A. Numărul total de germeni

Mai jos (fig. 4), este prezentată variația în funcție de timpul de tratare sonică a probei de 1 litru. Punctul "0" al graficului corespunde parametrilor apei brute netratate sonic. Tot aici, este trasat cu linie întreruptă valoarea normativă din STAS pentru apa brută ( $<20$  germeni/cm<sup>3</sup>) cu scopul de a evidenția efectul de distrugere a germeilor prin tratarea sonică.



**Figura 4.** Numărul total de germeni în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I = 131,0$ dB;  $\nu = 27,2$  kHz)

După cum se vede din figura 4, nr. total de germeni scade brusc după 5 secunde de tratare, micșorându-se de la  $17.000/\text{cm}^3$  la  $2750/\text{cm}^3$ , aproximativ de 5-6 ori.

Efectul de scădere se menține până la  $t=10$  s, după care are loc o creștere mică a numărului de germeni până la  $t=20$  s, apoi scade din nou. Scăderea se menține până la  $t=30$  s și iarăși crește până la valoarea de  $3140/\text{cm}^3$  (tabelul 1).

**Tabelul 1**

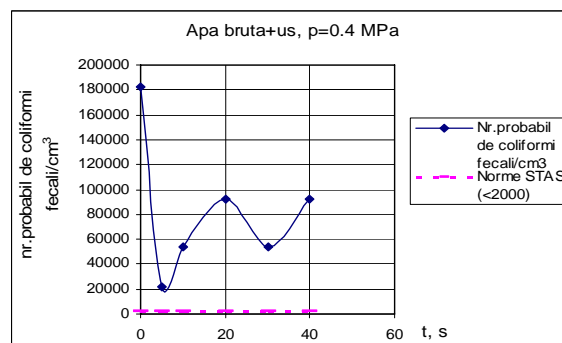
Timp de ultrasolare [s]	Nr. total de germeni /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi totali /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi fecali /cm <sup>3</sup>	Nr. Streptococi /cm <sup>3</sup>
5	2750	27800	22100	240
10	2200	54200	54200	150
20	2820	91800	91800	240
30	2075	54200	54200	240
40	3140	91800	91800	240

Valoarea minimă s-a înregistrat la  $t=10$  s, dar totuși nu a ajuns până la valoarea din normativ, ceea ce arată că numai tratarea sonică la parametrii dați este eficientă, dar nu ne permite să atingem valoarea din STAS [5].

### B. Numărul probabil de coliformi fecali

În fig.5 este prezentată variația numărului probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică. Punctul "0" al graficului, ca și în

cazul precedent, corespunde parametrilor apei brute netratate sonic ( $t=0$  s). Linia întreruptă indică valoarea normativă din STAS pentru apa brută ( $<2000/\text{cm}^3$ ).

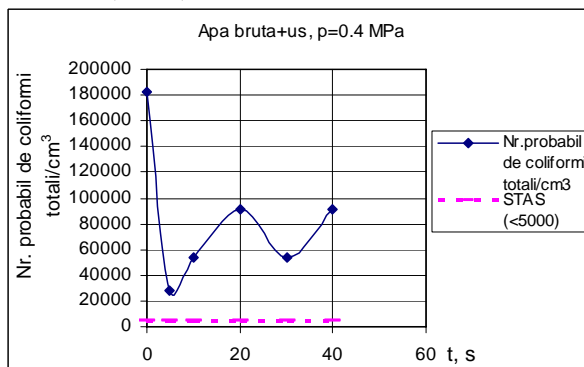


**Figura 5.** Numărul probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I = 131,0$ dB;  $\nu = 27,2$  kHz)

Din fig. 5 reiese că nr. probabil de coliformi fecali scade imediat după 5 secunde de tratare, scăzând de la  $182.000/\text{cm}^3$  la  $22.100/\text{cm}^3$  (tab.1), circa de 8 ori. După  $t=5$  s, se observa creșterea populației de coliformi fecali până la  $t=20$  s, apoi scade din nou, crescând apoi până la valoarea de  $91.800/\text{cm}^3$ . Valoarea minimă ( $22100/\text{cm}^3$ ) s-a înregistrat la  $t=5$  s, dar nu a reușit să atingă valoarea din normativ [6].

### C. Numărul probabil de coliformi totali

Fig. 6 prezintă variația numărului probabil de coliformi totali în funcție de timpul de tratare sonică, pornind de la valoarea corespunzătoare apei netratate ( $t=0$  s).



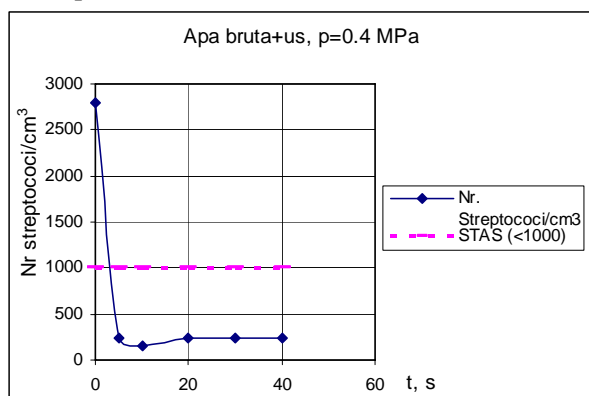
**Figura 6.** Numărul probabil de coliformi totali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I = 131,0$ dB;  $\nu = 27,2$  kHz).

După primele 5 secunde de ultrasolare, scade numărul de coliformi de circa 8 ori față de apa netratată, crește până la  $t=20$  s, scade la jumătate din valoarea anterioară și crește revenind la maximum înregistrat și la  $t=20$  s ( $91800/\text{cm}^3$ ). Valoarea minimă ( $27800/\text{cm}^3$ ) s-a înregistrat la  $t=5$

s, dar nu a reușit să atingă valoarea din normativ reprezentată în grafic cu linie întreruptă [6].

#### D. Numărul de streptococi

Numărul de streptococi trebuie să fie mai mic de  $1000/\text{cm}^3$  pentru apa brută, această valoare limită fiind evidențiată prin linia întreruptă din fig.7, care indică evoluția numărului de streptococi în funcție de timpul de tratare sonică.



**Figura 7.** Numărul de streptococi în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I=131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

La  $t=0\text{ s}$ , numărul de streptococi depășește limita amintită, dar după ultrasonare toate valorile se află sub valoarea din normativ. Astfel, la  $t=5\text{ s}$ , numărul de streptococi scade la  $240/\text{cm}^3$  față de valoarea inițială a apei netratate de  $2800/\text{cm}^3$ ; efectul sonic este evident la  $t=10\text{ s}$ , unde se obține minimumul de  $150/\text{cm}^3$  (tab.1), după care numărul de streptococi revine la  $240/\text{cm}^3$  și se menține la această valoare.

Față de ceilalți indicatori microbiologici, numărul de streptococi este în mod evident influențat de acțiunea ultrasunetelor produse de generatorul sonic gazodinamic.

### 1.2. Tratarea sonică a apei brute în prezența coagulantului $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

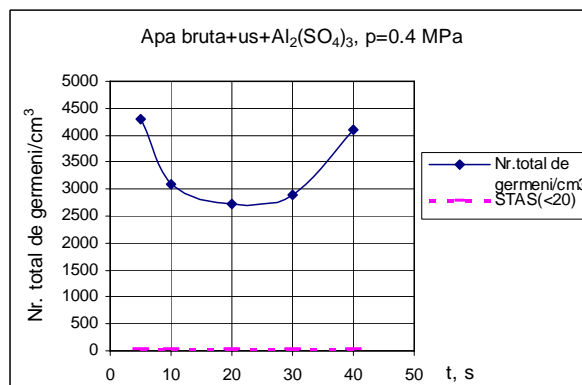
În cadrul experimentelor, s-a adăugat probei de apă de 1 litru o doză de 5 mg/l sulfat de aluminiu înainte de tratarea cu generatorul gazodinamic de ultrasunete.

#### A. Numărul total de germeni

În fig. 8 este prezentată variația numărului total de germeni în funcție de timpul de tratare sonică a probei de 1 litru, la care s-a adăugat o doză de 5 mg/l  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Prin tratarea sonică, numărul de germeni scade în mod continuu până la  $t=20\text{ s}$ , după care crește până la ultimul punct de pe grafic la o

valoare apropiată de cea de la  $t=5\text{ s}$  ( $4300/\text{cm}^3$ , tab. 2).

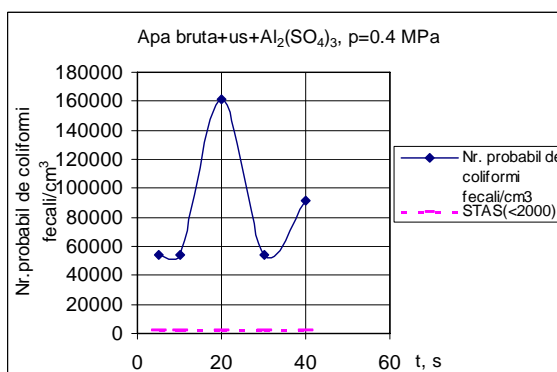
Valoarea minimă este la  $t=20\text{ s}$  ( $2720/\text{cm}^3$ ) și nu reușește să atingă valoarea impusă prin STAS și reprezentată în grafic cu linie întreruptă.



**Figura 8.** Numărul total de germeni în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I=131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

#### B. Numărul probabil de coliformi fecali

În figura de mai jos (fig. 9) este prezentată evoluția numărului probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică, din apa la care s-au adăugat 5mg/l sulfat de aluminiu înainte de ultrasonare.



**Figura 9.** Numărul probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I=131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

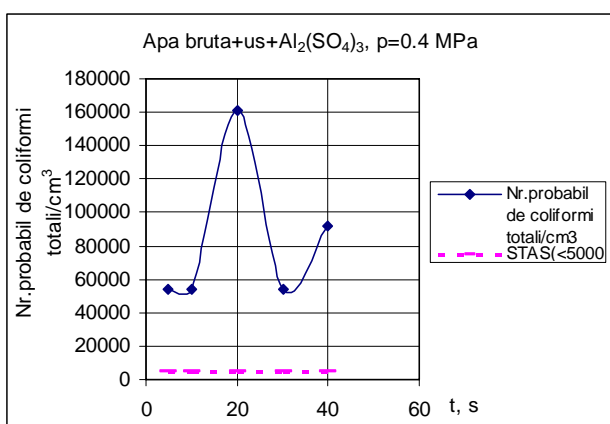
La 5 și la 10 secunde de tratare sonică, numărul de coliformi fecali este egal, apoi crește de aproximativ 3 ori față de valoarea anterioară. La  $t=30\text{ s}$ , populația de coliformi fecali revine la valoarea de la  $t=5\text{ s}$ , respectiv  $t=10\text{ s}$ , care reprezintă minimumul variației ( $54200/\text{cm}^3$ ), iar în ultimul punct din grafic valoarea crește de 2 ori față de cea menționată anterior. Numărul probabil de coliformi fecali în punctul minim nu atinge valoarea din STAS pentru apa brută, dar eficiența utilizării generatorului sonic gazodinamic este evidentă în acest punct.

**Tabelul 2.**

Tim de ultra sonare [s]	Nr. total de germeni /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi totali /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi fecali /cm <sup>3</sup>	Nr. Streptoco ci /cm <sup>3</sup>
5	4300	54200	54200	1609
10	3100	54200	54200	700
20	2720	160900	160900	240
30	2900	54200	54200	240
40	4100	91800	91800	240

### C. Numărul probabil de coliformi totali

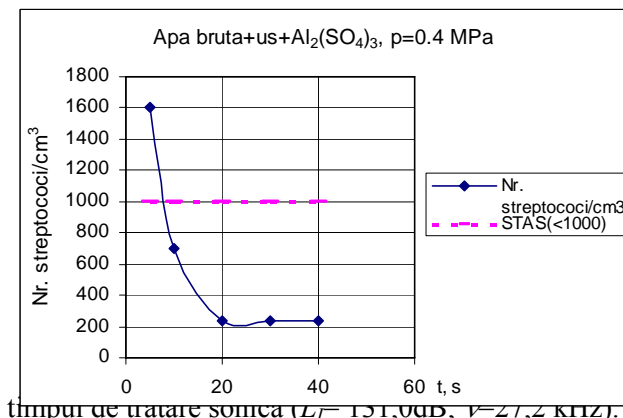
Din fig.10, care prezintă variația numărului probabil de coliformi totali în funcție de timpul de tratare sonică, se observă că graficul are aceeași evoluție ca și în cazul numărului de coliformi fecali, iar valorile din grafic sunt peste limita din STAS.



**Figura 10.** Numărul probabil de coliformi totali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_T=131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

### D. Numărul de streptococi

Numărul de streptococi (fig. 11) din apa la care s-a adăugat 5 mg/l sulfat de aluminiu are o evoluție diferită de ceilalți parametri microbiologici. Valoarea de la  $t=5\text{ s}$  depășește limita din STAS, iar celelalte valori se află sub această limită.



timpu de tratare sonica ( $L_T=131,0\text{dB}$ ,  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

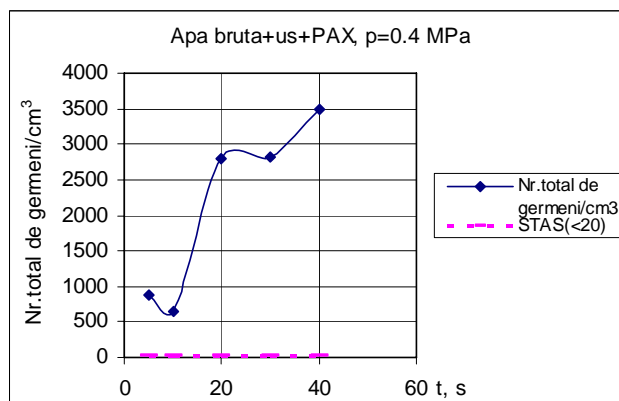
La  $t=10\text{ s}$  scade la  $700/\text{cm}^3$ , după care scade la  $240/\text{cm}^3$  și se menține la această valoare. Astfel, în intervalul 10-40 secunde, este evident efectul tratării sonice asupra numărului de streptococi din apa la care s-au adăugat 5 mg/l sulfat de aluminiu.

### 1.3. Tratarea sonică a apei brute în prezența coagulantului polimeric PAX 18

S-a utilizat doza de 0,2 ml/l PAX la 1 litru de apă brută, care ulterior a fost supusă tratării cu generatorul gazodinamic de ultrasunete la presiunea  $p=0,4\text{ MPa}$ .

#### A. Numărul total de germeni

Numărul total de germeni din apa tratată (fig.12) are o evoluție crescătoare în timp, în afară de punctul corespunzător lui  $t=10\text{ s}$ , care este minimum înregistrat în acest caz.



**Figura 12.** Numărul total de germeni în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_T=131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

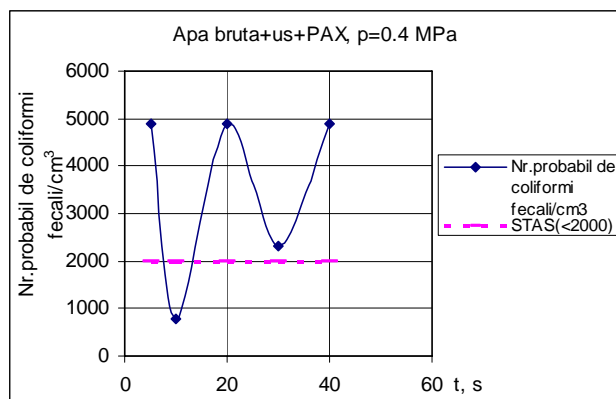
Din acest punct, numărul de germeni crește până la ultimul punct din grafic (tab. 3), astfel îndepărtându-se de valoarea din STAS reprezentată punctat.

#### B. Numărul probabil de coliformi fecali

În fig.13 se prezintă numărul probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică al probei de apă de 1 litru la care s-a adăugat 0,2 ml/l PAX. Valorile înregistrate sunt peste limita din STAS, în afară de cea de la  $t=10\text{ s}$ , care este minimum din grafic ( $790/\text{cm}^3$ ), la care este evident efectul ultrasonării. Din acest punct, numărul de coliformi fecali crește, scade din nou și apoi revine la valoarea anterioară.

#### C. Numărul probabil de coliformi totali

Fig. 14 este asemănătoare cu fig.13 ca evoluție, cu diferența esențială că în prima valorile sunt sub limita dată de STAS ( $<5000$ ).

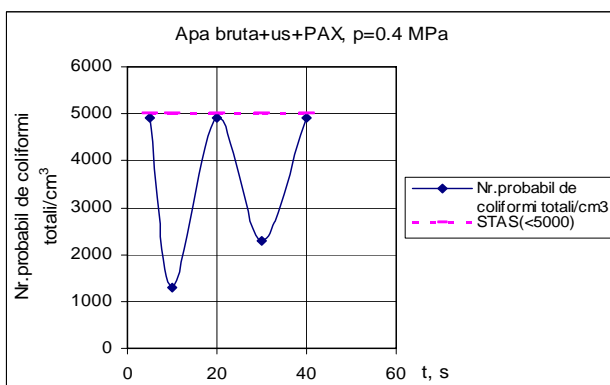


**Figura 13.** Numărul probabil de coliformi fecali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I= 131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ )

**Tabelul 3.**

Timp de ultra sonare [s]	Nr. total de germeni /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi totali /cm <sup>3</sup>	Nr. coliformi fecali /cm <sup>3</sup>	Nr. Streptococi /cm <sup>3</sup>
5	871	4900	4900	43
10	656	1300	790	46
20	2790	4900	4900	70
30	2820	2300	2300	46
40	3490	4900	4900	172

Numărul de coliformi totali la 5, 20 și respectiv 40 de secunde are aceeași valoare de 4900/cm<sup>3</sup>, în timp ce minimum s-a obținut la t=10 s (tab.3).

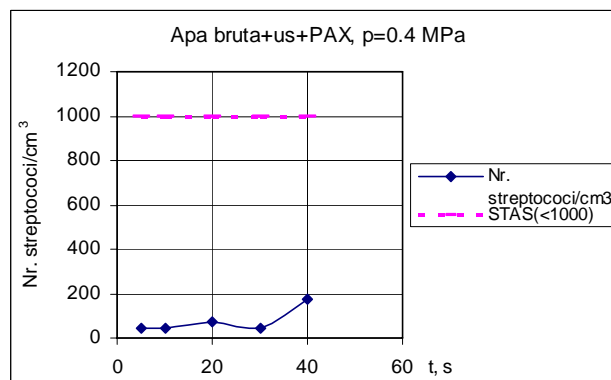


**Figura 14.** Numărul probabil de coliformi totali în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I= 131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ )

#### D. Numărul de streptococi

În fig.15 este evidențiat efectul ultrasonării asupra numărului de streptococi din apa la care s-au adăugat 0,2 ml/l PAX. Astfel, la t=5 s se obține valoarea cea mai scăzută (43/cm<sup>3</sup>), apoi crește continuu până la t= 20 s, după care scade puțin și

crește iar de aproximativ 4 ori față de valoarea anterioară.



**Figura 15.** Numărul de streptococi în funcție de timpul de tratare sonică ( $L_I= 131,0\text{dB}$ ;  $\nu=27,2\text{ kHz}$ ).

Toate aceste valori sunt mult sub limita dată de normele pentru apa brută [6], ceea ce demonstrează eficiența utilizării tratării sonice asupra numărului de streptococi din apă.

## CONCLUZII

S-au studiat indicatorii microbiologici ai apelor tratate prin tehnologia sonică.

La tratarea sonică a apei brute (fără coagulant), se poate concluziona:

- pentru toți indicatorii studiați, efectul scăderii se obține brusc după primele 5 secunde de tratare, creșterea timpului de tratare duce la o mică variație în jurul acestei valori;

- cel mai mare efect se obține la reducerea numărului de streptococi de la 2800/cm<sup>3</sup> la 150/cm<sup>3</sup>, și anume de circa 20 de ori;

- numărul probabil de coliformi fecali și totali scade de 8 ori, iar numărul total de germeni scade de 5-6 ori;

- norma microbiologică pentru apa brută se obține numai pentru streptococi, iar pentru ceilalți indicatori este necesară o dezinfecție chimică suplimentară.

Este de subliniat faptul că numai sub acțiunea fizică produsă de generatorul gazodinamic de ultrasunete se poate dezinfecta apa de streptococi, încadrându-se în limita necesară.

La tratarea sonică a apei la care s-a adăugat coagulantul sulfat de aluminiu, s-au obținut următoarele:

- scăderea numărului de streptococi este evidentă, ca și în cazul tratării sonice a apei brute, totodată se cere un timp mai îndelungat de tratare t=20 s;

- numărul de coliformi fecali și totali scade brusc la  $t=5$  s de tratare, după care la  $t=20$  s crește de 3 ori.

- referitor la numărul de germeni, valoarea lor scade până la 20 secunde de tratare, după care crește.

Ca și în cazul precedent, sub valoarea normativă se află numai numărul de streptococi, ceea ce arată distrugerea lor directă sub influența undelor de presiune puternice produse de generatorul gazodinamic de ultrasunete.

În cazul tratării sonice a apei la care coagulantul este polimerul PAX 18, se observă:

- numărul de streptococi este minim la  $t=5-10$  s și are valoarea  $43-46/cm^3$ , mult sub valoarea normativă;

- numărul probabil de coliformi fecali și numărul probabil de coliformi totali are valoarea minimă la  $t=10$  s, după care variază periodic cu 20 s;

- numărul coliformilor fecali și totali scade sub limita normativelor pentru apa brută, totodată aceasta are loc la  $t=10$  s pentru fecali, iar pentru totali timpul de tratare la care se menține efectul este începând cu  $t=5$  s;

- numărul de germeni scade până la  $t=10$  s, după care crește continuu.

Din concluziile prezentate mai sus, se poate determina timpul minim de tratare sonică a apei pentru obținerea efectului antibacterian. Astfel, pentru reducerea streptococilor și a germenilor, timpul de prelucrare pentru un litru de apă trebuie să fie în limitele  $t=5-10$  s. În cazul apei infectate cu coliformi fecali și totali, timpul de tratare sonică este  $t=10$  s pentru un litru de apă.

Influența coagulanților utilizați este diferită: la apa cu 5 mg/l sulfat de aluminiu la tratarea sonică se observă un număr de bacterii puțin mai mari decât la tratarea sonică a apei brute (fără coagulant), iar în cazul polimerului PAX cu doza de 0,2 ml/l mult mai mici. Acest lucru ne permite să recomandăm utilizarea polimerului PAX pentru tratarea sonică a apei.

### Bibliografie

1. **Stefan A.** *Acoustical research of the sonic air-jet radial generator*, *Analele Universitatii Maritime*, Anul IX, Volumul 11, ISSN 1582-3601, pag. 293-298, Constanta, 2008.

2. **Stefan A., Carnu C., Balan G.** *The treatment of the Danube water by the ultrasound air-jet generator*// *The 3<sup>rd</sup> International Conference on Thermal Engines and Environmental Engineering* –

*METIME 2009, Galati 4-6 June, University "Dunarea de Jos" of Galati, 2009.*

3. **Bălan, G.** *Aerogazodinamică*, Ed. Tehnica-Info, Chișinău, 2003.

4. **Bălan, G., Ciurea, A., Bălan, V., Bordei, M.** *The sonic technologies*// *Quatrieme edition du colloque francophone en energie, environnement, economie et thermodynamique COFRET'08, Nantes-France, pag. 20-29, ISBN 2.6905267.615, 2008.*

5. *STAS 3001-91. APA. Analiza bacteriologică*

6. *H.G. 567/2006 privind modificarea Normelor de calitate care trebuie să le îndeplinească apele de suprafață pentru potabilizare NTPA-013, aprobate prin H.G. 100/2002*