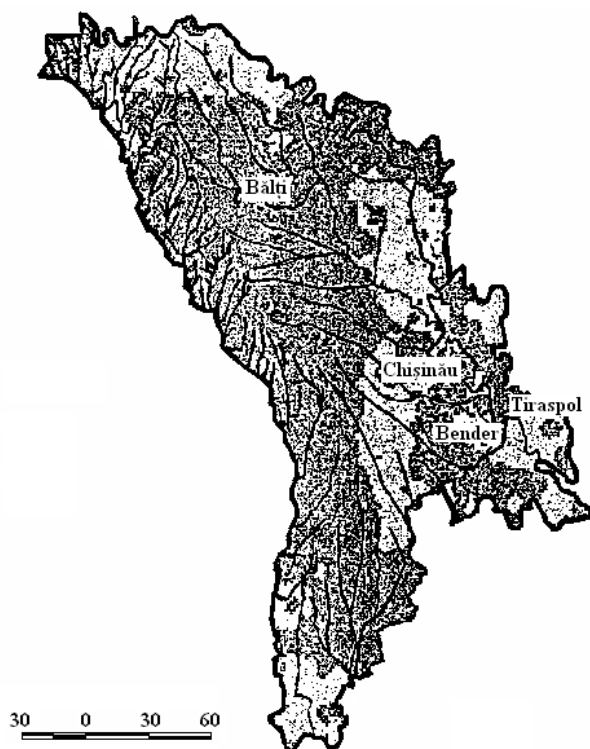


## METODELE PRIVIND ELIMINAREA HIDROGENULUI SULFURAT DIN APELE SUBTERANE

*D.Ungureanu, O.Briceag*  
Universitatea Tehnică a Moldovei

### INTRODUCERE

În Republica Moldova doar 50% din ape subterane pot fi folosite în scopuri potabile, restul, însă, se caracterizează prin conținut sporit de hidrogen sulfurat, fluor, mangan, amoniac, fier, etc., fapt care nu permite utilizarea ei în scopuri potabile fără o tratare prealabilă specială (vezi fig.1).



**Figura 1.** Harta calității apei acviferului sarmațian inferior (culoarea deschisă – corespunde normativelor, culoarea închisă – nu corespunde).

### 1. METODELE EXISTENTE DE ELIMINARE A HIDROGENULUI SULFURAT DIN APELE SUBTERANE

Unul din cei mai răspândiți poluanți ai apelor subterane este hidrogenul sulfurat  $H_2S$ .

Hidrogenul sulfurat obișnuit,  $H_2S$ , reprezintă un gaz de solubilitate mai înaltă ca a  $CO_2$  și alte gaze, este toxic și are un miros caracteristic

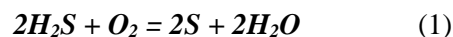
foarte neplăcut de ouă alterate, ceea ce permite ușor și rapid de depistat.

Apele subterane sunt numite cu conținut de hidrogen sulfurat numai în cazul, dacă concentrația hidrogenului sulfurat sumar ( $H_2S + HS^- + S^{2-}$ ) este mai mare de 1,0 mg/l.

Metoda de eliminare a gazului din apă se numește degazarea apei. Metodele existente de degazare a apei sunt: fizice sau fără utilizarea reactivelor; chimice sau cu utilizarea reactivelor; biochimice sau mixte.

La baza metodelor fizice de degazare a apei este procedeul de modificare a proprietăților fizice ale apei tratate: temperaturii sau a presiunii parțiale a  $H_2S$ , care reprezintă un gaz dizolvat. Metodele fizice se folosesc pentru ape subterane cu conținut mic de  $H_2S$  ( $\leq 2...3$  mg/dm<sup>3</sup>), cu  $pH \leq 5$  și cu duritatea temporară joasă.

Mai răspândită între metodele fizice de eliminare a  $H_2S$  este aerarea, care este un procedeu simplu și decurge conform reacției:



Pentru aceasta se folosesc:

- sisteme cu pulverizarea apei în aer;
- cu injectarea aerului comprimat în apă;
- aerarea cu dispozitive mecanice.

Un criteriu important pentru alegerea sistemului de aerare este suprafața de contact a apei sulfuroase cu aerul pentru a majora desorbția  $H_2S$  de către aerul, care nu conține acest gaz.

Cele mai bune rezultate au fost obținute în turnuri de răcire cu umplutură din inele Raschig (tab.1), care funcționează în contracurent: apă-aer introdus cu ventilatoare pe la partea inferioară. Debitul specific de aer în condiții optime constituie 10...12 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Înălțimea stratului de inele Raschig pentru concentrația  $H_2S$  în apă până la 10 mg/l se recomandă să fie egală cu 1,5...2,0 m, iar pentru concentrația  $H_2S$  în apă de 20...30 mg/l – 2,5 m. Înălțimea umpluturii trebuie să fie de 2...2,5 ori mai mare, decât înălțimea stratului de inele Raschig.

Metodele chimice sau cu utilizarea reactivelor se folosesc pentru ape subterane cu conținut până la 10 mg/dm<sup>3</sup> de  $H_2S$ , cu  $pH = 6...8,5$  și constă în introducerea în apa tratată a

substanțelor chimice, ce intră în reacție cu  $H_2S$  și în rezultatul căreia are loc oxidarea și trecerea hidrogenului sulfurat în compuși mai puțin activi.

În calitate de reactivi se recomandă de utilizat clorul și compușii lui, ozonul, permanganat de caliu, ferul, oxigenul și apa oxigenată (tab.2).

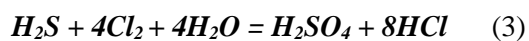
**Tabelul 1.** Metodele fizice de eliminare a hidrogenului sulfurat din apele subterane.

Metoda de degazare a apei	Concentrația $H_2S$ în apă, mg/l		pH		Transparența, cm		Culoare, Grade		Miros, baluri	
	Până	După	Până	După	Până	După	Până	După	Până	După
Sistema de pulverizare a apei cu aer	6,2	4,4	8,0	8,13	30	30	15-20	12,5	2 – 3	1
Sistema de injectare a aerului comprimat	19,1	9,38	7,12	8,16	-	-	-	-	-	-
Turn de răcire cu umplutură din inele Raschig	6,24	3,07	8,05	8,14	30	30	15		2 – 3	0,5–1

**Tabelul 2.** Metodele chimice de eliminare a hidrogenului sulfurat din apele subterane.

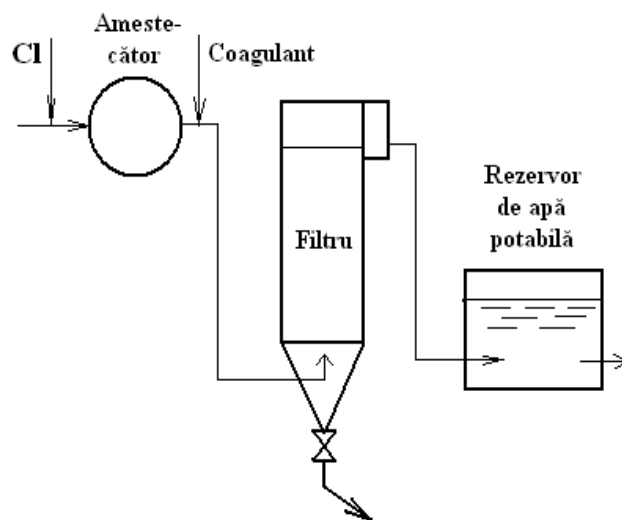
Reactivii	Doza de reactivi, mg/mg $H_2S$	Rezultatul reacției
Clor	5,0	Sulf
	8,4	Sulfizi
Ozon	1,4	Sulf
	1,9	Sulfizi
Permanganat de caliu	3,0	Sulf
	6,2	Sulfizi

Din metodele chimice de eliminare a  $H_2S$  din apă cea mai largă răspândire o are clorinarea apei. La adăugarea clorului în apă cu conținut de  $H_2S$  are loc oxidarea acestuia conform reacțiilor:



Conform acestor reacții are loc formarea acizilor și a ionilor de hidrogen, ceea ce provoacă reducerea pH a apei tratate. La doze mici de clor hidrogenul sulfurat se oxidează până la sulf elementar, care imprimă apei tratate o opalescență tipică datorită majorării turbidității, ceea ce impune necesitatea unei limpeziri ulterioare prin coagulare/floculare cu decantare și/sau filtrare. Pentru eliminarea  $H_2S$  din apă se consumă peste 5 mg  $Cl_2$  la 1mg de  $H_2S$ .

Clorinarea apei reprezintă un avantaj datorită dezinfecției concomitente (vezi fig.2).

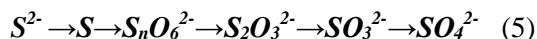


**Figura 2.** Eliminarea hidrogenului sulfurat prin clorinarea apei.

Metoda de ozonare a apei cu conținut de  $H_2S$  se consideră o metodă universală, deoarece ozonul influențează asupra apei în direcția fizică, chimică și bacteriologică concomitent, însă este scump producerea ozonului.

Metoda de eliminare a  $H_2S$  din apă la adăugarea fierului n-a obținut o răspândire largă din cauza proiectării și exploatarei instalației dificile.

Mecanismul de oxidare a  $H_2S$  cu oxigenul din aer se reprezintă prin următoarea schemă:



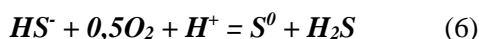
Teoretic, este posibilă oxidarea  $H_2S$  cu oxigenul din aer, dar aceasta este eficientă numai în prezența catalizatorilor respectivi, ceea ce complică serios aplicarea procedurii.

Metoda biochimică de eliminare a  $H_2S$  se folosește pentru ape subterane cu conținut mare de  $H_2S$ , cu  $pH = 7 \dots 9$  și se bazează pe utilizarea activă a microorganismelor, care oxidează hidrogenul sulfurat – sulfobacteriilor.

Sulfobacteriile se divizează în 3 grupuri fiziologice:

1. Tiobacteriile (*Thiobacillus*, *Sulfolobus* etc.), care depun sulful elementar – produsul oxidării intermediare a  $H_2S$ ,  $S_2O_3^{2-}$  și  $SO_3^{2-}$ , în exteriorul celulelor.
2. Sulfobacteriile incolore (*Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Thiobacterium* etc.), care depun sulful molecular în interiorul celulelor.
3. Sulfobacteriile fotosintetizante sau colorate (reprezentante ale *Rhodospirillales*), care efectuează procese de fotosinteză cu utilizarea compușilor reduși ai sulfului în calitate de donori ai hidrogenului.

În tehnologia de eliminare a  $H_2S$  se folosesc, ca preferință, tiobacteriile *Thiobacillus*, care sunt după modul de alimentare chemolitotrofe și efectuează procesul de oxidare a  $H_2S$  conform reacției:



Acest tip de bacterii se află în apele naturale și se dezvoltă în mediu obligatoriu aerob, cu reacție slab alcalină, la un redox – potențial în jur de  $2H_2 = 10 \dots 16$ , care este determinat de intensitatea aerării. Pentru dezvoltarea lor sulfobacteriile utilizează amoniacul și fosfați.

Eliminarea pe cale biologică a  $H_2S$  din ape a fost încercată atât cu utilizarea microflorei fixate – în aerofiltre (biofiltre cu ventilare artificială) și biofiltre cu umplutură înecată, cât și cu microflora suspendată în bazine de aerare cu nămol activ.

## 2. STUDIUL EXPERIMENTAL AL ELIMINĂRII BIOLOGICE A HIDROGENULUI SULFURAT

În scopul îmbunătățirii calităților organoleptice în vederea potabilizării, precum și a reducerii agresivității apei la catedra Ecotehnie, Management Ecologic și Ingineria Apelor UNESCO/Cousteau au fost efectuate studii prin experimentarea la nivel de instalație-pilot a eficienței de eliminare a  $H_2S$  cu ajutorul microflorei fixate într-un bioreactor.

Instalația-pilot (vezi fig.3) reprezintă o coloană cu  $d = 250$  mm cu adâncimea utilă de 1,8 m, având un volum util de 88 l. Bioreactorul este umplut cu peliculă din mase plastice în calitate de suport solid pentru imobilizarea microflorei – sulfobacteriilor. Pentru asigurarea proceselor aerobe de oxidare biochimică a  $H_2S$  a fost utilizat un sistem de aerare dotat cu un compresor de acvariu tip At-A8500, care dezvoltă o presiune de 0,022 MPa, având capacitatea maximă de 9 l/min și 2 difuzoare poroase amplasate sub nivelul apei la 1,8 m. Instalația se alimentează din conducta de refulare a apei subterane din sondă (foraj) printr-un ștuț pe la partea inferioară a coloanei, sub nivelul apei la 2,5 m. Fluxul de apă tratată este ascensional și se evacuează pe la partea superioară printr-un ștuț. Debitul de apă tratată a variat între 12 și 65 l/h, ceea ce constituie un timp de retenție a apei în contact cu microflora fixată pe umplutură de 1,35...7 ore.

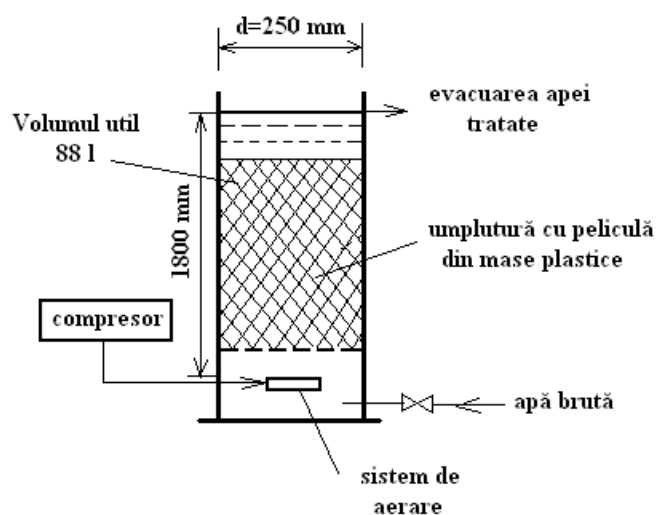


Figura 3. Instalația-pilot.

Pentru stabilirea eficienței de eliminare a  $H_2S$  au fost prelevate eșantioane ale apei brute și tratate, care au fost supuse unei analize chimice independente de către 4 laboratoare (tab.3).

Rezultatele analizelor chimice și studiul organoleptic al apei subterane au indicat că apa tratată conține  $H_2S$  în concentrații sub  $0,1 \text{ mg/dm}^3$ ,

ceea ce arată o eficiență de eliminare a  $H_2S$  de 98...99%, nu are mirosul specific neplăcut și capătă un gust agreabil.

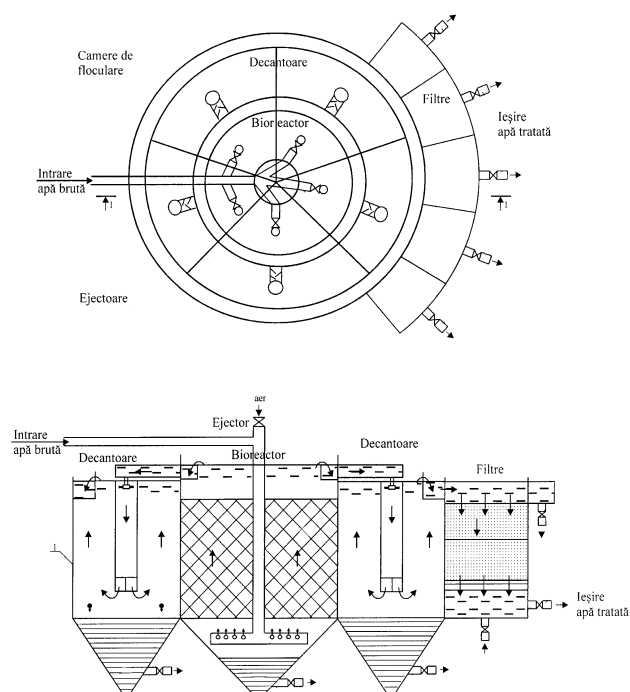
**Tabelul 3.** Rezultatele analizelor chimice.

N	Laboratorul	Apa brută					Apa tratată				
		Miros,gr	Gust,gr	$NH_4$ , $\text{mg/dm}^3$	pH	$H_2S$ , $\text{mg/dm}^3$	Miros,gr	Gust,gr	$NH_4$ , $\text{mg/dm}^3$	pH	$H_2S$ , $\text{mg/dm}^3$
1	CNȘPMP	4	-	2,69	7,0	3,35	0	-	0,74	8,0	0,02
2	ILAS AȘ	4	4	2,70	8,1	6,10	0	2	2,58	8,2	<0,1
3	Inst.Chimie AȘ	-	-	4,10	8,6	8,22	-	-	2,50	8,5	0,07
4	CJMP, Lăpușna	2	-	3.20	8,0	5,10	0	-	0,40	8,0	0,03

## CONCLUZII

Astfel, studiul efectuat atestă că în instalația – pilot a fost obținut scopul urmărit – potabilizarea apei subterane cu conținut de  $H_2S$  prin tratarea biologică aerobă cu sulfobacterii imobilizate pe un suport solid alcătuit din mase plastice peliculoase.

În baza evaluării eficienței procedurii testat a fost înaintată o cerere pentru brevet de invenție “Procedeu de eliminare a hidrogenului sulfurat din apele subterane și instalație pentru realizarea lui” (certificat de prioritate a invenției nr.a20020103 din 05.07.2002), care propune o instalație monobloc, care conține bioreactorul cu umplutură din mase plastice cu o suprafață specifică dezvoltată pentru fixarea sulfobacteriilor și dotat cu un sistem de aerare cu ejectoare instalate pe conductele de apă brută, decantoare cu camere turbionare de floclare înglobate și filtre rapide amplasate adiacent într-un corp comun, astfel, încât apa tratată să parcurgă gravitațional toate elementele componente ale instalației. Apa brută este introdusă în instalație împreună cu aerul ejectat la partea inferioară sub stratul de umplutură al bioreactorului, pe care-l parcurge în flux ascendent și este evacuată spre decantarea și filtrarea ulterioară. Apa tratată în instalație este în continuare dezinfectată prin introducerea soluției de clor în conducta de evacuare, obținându-se concomitent și oxidarea definitivă a  $H_2S$  remanent, și este transportată în rezervorul de apă potabilă tratată, după ce este livrată consumatorilor (vezi fig.3).



**Figura 3.** Instalația proiectată.

## Bibliografie

1. **Линевиц С.Н.** Комплексная обработка и рациональное использование сероводородсодержащих природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1987.
2. **Николадзе Г.И.** Улучшение качества качества подземных вод. М.: Стройиздат, 1987.
3. **ПОСОБИЕ** по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84).