



# ХИДРОТЕХНИКА И МЕЛИОРАЦИИ

ОРГАН НА СЪЮЗА ПО ВОДНО ДЕЛО

## АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА

София, ул. «Раковски» 108, VI етаж, стая № 604  
тел. 87-02-20

## СЪДЪРЖАНИЕ

## РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

доц. инж. Апостол Пашев, ст. н. с. I ст. к.т.н. инж Анастас Батков, инж. Александър Алексиев, инж. Богдан Богданов, ст.н.с.к.т.н.инж.Борис Попов, техн. Васил Йончев, инж. Владимир Радославов, инж-Ганчо Хитров, акад. проф. инж. Димо Велев (главен редактор), проф. д-р т.н. инж. Илия Гаджалски, доц. д-р т.н. инж. Марин Славов, ст. н. с. к.т.н. инж. Петко Хубавенски, инж. Петко Иванов, проф. инж. Стефан Станчев, проф. к.т.н. инж. Славчо Милославов, проф. Съю Съев, инж. Спиридон Илиев, ст. н. с. I ст. к.т.н. инж. Христо Димовски, инж. Цветан Цанев

Зам.-гл. редактор—И. Колева, редактор—Н. Колев

**ГОДИНА XXIV**

**INDEX 20982**

Държавна печатница  
«Т. Димитров», клон I  
София, пор. № 5059

кн. т. 9522152411  
код. 9522159112

1. к. т. н. проф. Славчо Милославов — Оптимизиране параметрите на хидроенергийни напорни тръбопроводи при спазване на условията за правилно регулиране на хидравличните машини ..... 3
2. инж. Тодор Гърданов — Изчисляване дълбочината на потопяване на хоризонтално изтичаща от кръгъл отвор турбулентна струя в стратифицирана среда с по-голяма плътност..... 7
3. инж. к. г. м. н. Людмила Илиева — Влияние на външния товар и структурните особености на строителните почви върху набъбването им. . . . 10
4. к. т. и. инж. Теню Пейчев — Същност и значение на технологичното окисляване при пречистване на природни води. .... 14
5. Б. Матов, Ив. Златева, Хр. Добрев, Д. Трендафилов — Основен алуминиев хлорид (ОАХ 15) — нов български коагулант за питейни води..... 17
6. к. т. н. инж. Димитър Давидов — Върху оразмеряването на акумулиращите устройства при импулсното дъждуване ..... 22
7. проф. д-р инж. В. Василев, инж. Н. Узунов — Върху равномерността на водоразпределението при системите за капково напояване ..... 26
8. Из чуждия опит ..... 28
9. Технически вести ..... 30

На първа страница па корицата: Преливник на язовир „Ахелой“ Бургаски окръг.

# ОСНОВЕН АЛУМИНИЕВ ХЛОРИД (ОАХ-15) -НОВ БЪЛГАРСКИ КОАГУЛАНТ ЗА ПИТЕЙНИ ВОДИ

Б. МАТОВ, ИВ. ЗЛАТЕВА, ХР. ДОБРЕВ, Д. ТРЕНДАФИЛОВ

Аквахидрооксихлоридните комплекси (основни соли) на тривалентните метали Al и Fe са известни в литературата като коагуланти за пречистване на води [1]. От тях най-широко са експериментирани основните алуминиеви хлориди и по-специално полимерният продукт  $Al_8(OH)_{20}Cl_4$ , или съкратено  $Al_2(OH)_5Cl$ [2]. Интересът към този коагулант за пречистване на питейни води е много

голям. Алуминиевият основен хлорид с този състав е експериментиран за пречистване както на природни, така и на някои отпадъчни води при лабораторни и промишлени условия [1—13]. В източната водопроводна станция на Москва той е приложен при дебит 38 000 м<sup>3</sup>/ч [5]. При очистване на невска вода с основен алуминиев хлорид се получава вода, удовлетворяваща всички изиск-

вания на ГОСТ 2874-54 за питейна вода [11].

Съществените предимства на основния алуминиев хлорид пред алуминиевия сулфат се състоят в по-високата му ефективност като коагулант, значително по-малко понижава рН, алкалността и стабилността на пречистената вода и поддържа няколко пъти по-ниско съдържание на остатъчен алуминий в разтвора. Някои автори отбелязват, че замената на  $SO_4^{2-}$  йони в питейната вода с  $Cl^-$  йони е целесъобразно от хигиенна гледна точка [7].

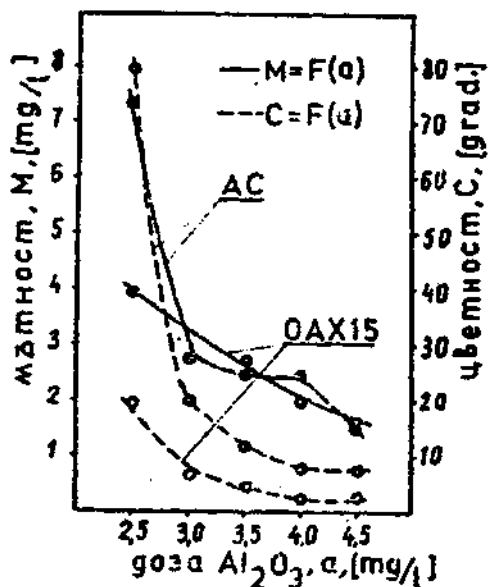
През месеците май и юни на 1978 г. в пречиствателна станция „Панчарево“—София, бяха проведени лабораторни и промишлени опити с основен алуминиев хлорид (ОАХ-15) — разтвор, получен по метода, описан в [14]. Качествените показатели на новия коагулант отговарят на ОН 0269988-78. Съдържанието на алуминиев окис е  $13 \div 15\%$  тегл., рН е  $4,0—5,0$  и грамолни отношения  $Al_2O_3:HCl = 1:1$ . Полученият по този метод основен алуминиев хлорид (ОАХ-15) има цена, изчислена за 1 тон  $Al_2O_3$ , по-ниска 2,5 пъти от тази на алуминиевия сулфат — твърда субстанция, и 3,8 пъти от тази на алуминиев сулфат -течен. Тези данни показват, че използването на ОАХ-15, получен по метода, описан в [14], като коагулант вместо алуминиев сулфат е икономически по-изгодно, аналогично на резултатите, постигнати от авторите на [4].

Основен алуминиев хлорид под формата на разтвор с концентрация на  $Al_2O_3$   $13 \div 15\%$  се предвижда да се получава з НПЗ "Леон Таджер" — гр. Русе, през 1980 год.

Лабораторните опити се провеждаха с моделни

образци води, имащи различни показатели: мътност  $4,2 \div 65$  мг/л, цвят  $10—80^\circ$ , окисляемост  $2,93 \div 9,6$  мг/л  $O_2$ , алкалност  $1,40—5,50$  мг-екв/л, рН  $7,0 \div 9,0$ . Коагулационните свойства на алуминиевия сулфат (АС) и ОАХ-15 се определяха паралелно на флокулятор „Hydro-sure“ по метода на „Degremont“ [15]. След 30 минути утаяване на коагулираната вода се определяха показателите: мътност, цвят, окисляемост, рН, остатъчен алуминий, хлориди и алкалност. Резултатите, дадени в табл. 1 и 2 и фиг. 1, показват високата ефективност на новия коагулант. За една и съща остатъчна мътност, напр. 2,5 мг/л, дозата на ОАХ-15 е 1,5 пъти по-малка от тази на алуминиевия сулфат. За цветността (табл. 1) ефективността е повече от 5 пъти по-висока при една

Видове вода	$Al_2O_3$ мг/л	Показатели					температура $^\circ C$
		Мътност мг/л	цвет град.	Окисляемост мг/л $O_2$	Остатъчен Al мг/л	Cl мг/л	
Сурова вода	0,0	5,8	45	5,15	-	5,1	11,5
Вода пречистена с $Al_2(SO_4)_3$	1,5	5,8	45	5,15	0,30	5,1	11,5
	2,0	5,8	45	5,15	0,30	-	-
	2,5	5,9	35	5,15	0,30	-	-
	3,0	2,5	5	4,00	0,12	-	-
Вода пречистена с $Al_2(OH)_5Cl$	3,5	2,2	5	3,35	0,12	-	-
	1,5	3,0	2	4,68	0,02	6,1	11,5
	2,0	2,5	7	4,25	0,02	6,5	-
	2,5	2,0	7	3,38	0,02	6,9	-
	3,0	1,5	5	3,16	0,02	7,3	-
	3,5	1,2	3	3,02	0,02	7,6	-



Сурова вода: Мътност - 8.2 мг/л;  
 Цвят - 80°  
 $t^\circ = 11,5^\circ C$  Алкалност - 150 мг-екв/л;

Фиг. 1

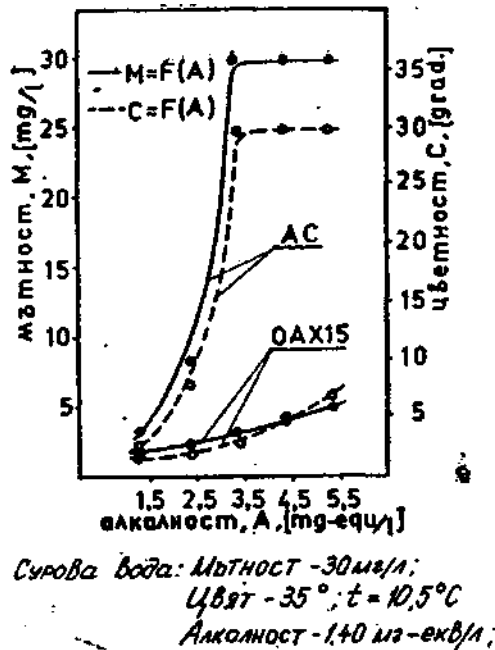
и съща доза  $Al_2O_3$ . Окисляемостта с новия коагулант остава винаги по-малка в сравнение с тази с АС. Друг характерен показател е остатъчният алуминий, който е от 6 до 15 пъти по-малко в полза на ОАХ-15. За сурова вода с мътност 65 мг/л и цветност  $70^\circ$  (табл. 2) остатъчната мътност с АС е 23 мг/л, а цветността —  $50^\circ$  при доза 3,5 мг/л  $Al_2O_3$ , докато за новия коагулант при същата доза  $Al_2O_3$  остатъчната мътност е 4,6 мг/л, а цветността —  $5^\circ$ . Едва при доза  $Al_2O_3 = 5,5$  мг/л показателите на двата коагуланта се изравняват.

Изобразените на фиг. 1 криви потвърждават също ефективността на ОАХ-15. Всички точки са получени средно от три опита. Плътните линии са за остатъчна мътност, а пунктираните — за остатъчна цветност.

Изследванията с трите вида моделни образци води показват, че по-добрият пречиствателен ефект проличава особено при по-ниските дози коагулант.

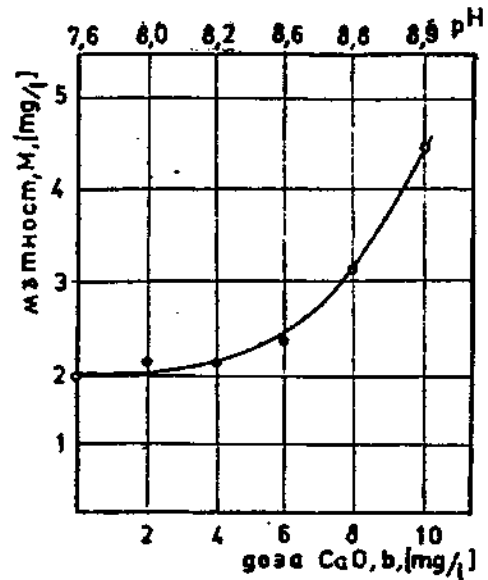
На фиг. 2 са съпоставени коагулационните свойства на двата реагента при една и съща доза  $Al_2O_3 = 4,0$  мг/л за вода с постоянна мътност и нарастваща алкалност. За АС при алкалност, по-голяма от 2,5 мг-екв./л, пречиствателната способност рязко намалява и при стойности  $3,5 \div 5,5$  мг-екв/л тя изчезва. За ОАХ-15 тя намалява бавно и при  $A = 5,5$  мг-екв/л мътността на обработената вода

е 2,5 пъти по-голяма, отколкото при  $A=1,40$  мг-екв/л, но все пак представлява само 16% от изходната. Аналогичен е ходът на кривата и за цветността. Остатъчният алуминий при пробите, обработени с ОАХ-15, практически не се променя:



Фиг. 2

2,5 мг/л и остатъчна цветност  $3^\circ$  за Доза на  $\text{Ca}(\text{OH})_2=6,0$  мг/л, изчислена като  $\text{CaO}$ , т. е.  $\text{pH}=8,6$ . Едновременното въвеждане на варното мляко и ОАХ-15 повишава остатъчната мътност до 10,5 мг/л, а цветността достига до  $15^\circ$ . Тези данни са за сурова вода с мътност 30 мг/л и цвят  $35^\circ$ .



Сурова вода: Мътност - 30 мг/л;  $t = 11^\circ\text{C}$ ;  
Цвят -  $35^\circ$ ;  $\text{pH} = 7,6$ ;  
Алкалност - 1,40 мг-екв/л

Фиг. 3

за  $A = 1,40$  мг-екв/л той е 0,01 мг/л, а за  $A = 5,5$  мг-екв/л е 0,02 мг/л, докато при АС остатъчният алуминий нараства с увеличаване на алкалността до 0,3 мг/л. Това показва, че разтворимостта на ОАХ-15 е незначителна в границите на  $\text{pH}$  от 7,0 до 9,0.

Особено важен извод от изследванията бе направен за съвместната употреба на ОАХ-15 и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Съвместната употреба на вар и ОАХ-15 е от съществено значение за станцията „Панчарево“, тъй като още суровата вода има доказани агресивни свойства. Дългогодишният опит на станцията е доказал, че при съвместна употреба на алуминиев сулфат и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  коагулацията се нарушава при  $\text{pH} > 7,8$ . На фиг. 3 е показано, че ОАХ-15 почти не променя пречиствателната си способност с въвеждането на варно мляко във водата при повишаване на  $\text{pH}$  до 8,6. Това е особено важно за меки води с ниска алкалност, които се нуждаят от стабилизационна обработка за корекция на агресивността им.

Опитът показва, че въвеждането на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  не трябва да става едновременно с това на коагуланта. При разлика във времето на въвеждането 30 секунди остатъчната мътност е една и съща —

Увеличаването на дозата варно мляко от 2,0 до 10,0 мг/л  $\text{CaO}$ , респ. на  $\text{pH}$  от 7,6 до 8,9, не влияе на остатъчния алуминий. За всички проби той е 0,01 мг/л. Този факт е твърде важен. Докато остатъчният алуминий в утаената вода с алуминиев сулфат нараства с повишаване на  $\text{pH}$  в посочените по-горе граници - до  $0,3 \div 0,4$  мг/л, то филтрираната вода има почти постоянна стойност -  $0,05 \div 0,1$  мг/л остатъчен алуминий. Това означава, че останалите  $0,2 \div 0,3$  мг/л алуминий се задържат от пясъчните филтри вследствие контактна коагулация. Резултатът е допълнително натоварване на филтрите, което при мътност на утаената вода 2,5 мг/л и съдържание на  $\text{Al} = 0,23$  мг/л за  $\text{pH} = 7,2$  ще бъде 26%, а при  $\text{pH} = 7,5$  ще е 45% и т. н. Тези стойности са изчислени теоретично на база разтворимостта на  $\text{Al}(\text{OH})_3$  при различни  $\text{pH}$  и температура на водата  $5^\circ\text{C}$ . Естествено при ОАХ-15 такова натоварване няма да се наблюдава. Данните за натоварване на филтрите бяха потвърдени от проведени промишлени опити през 1979 год. със 100 тона ОАХ-15 и сравнени с тези за алуминиев сулфат.

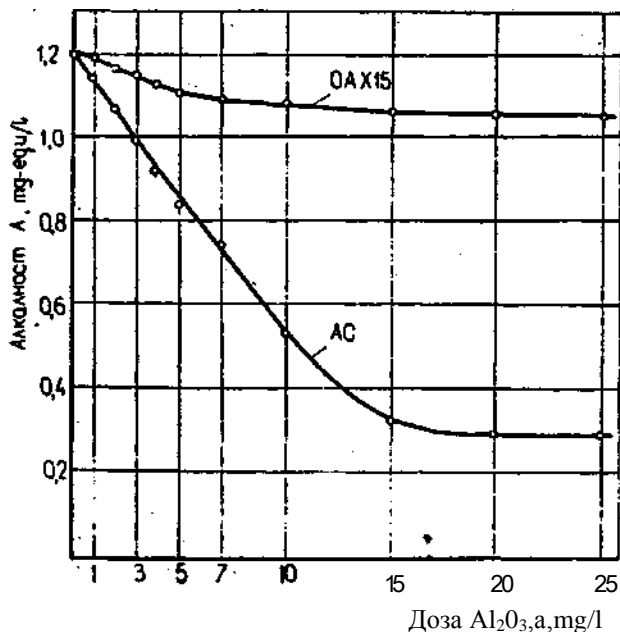
Лабораторните опити показаха, че окисляемостта на коагулираната с ОАХ-15 вода във всички

случаи е по-ниска от тази с АС. За доза на  $Al_2O_3 = 1,5$  мг/л средно тя е по-ниска с 12,8%, при 2,5 мг/л  $Al_2O_3$  с 17,9%, за 3,5 мг/л  $Al_2O_3$  с 13,0% и за 4,5 мг/л  $Al_2O_3$  е по-ниска с 6,3%.

Изследвани бяха коагулационните свойства на разтвори от ОАХ-15 с различно съдържание на  $Al_2O_3$ ; При една и съща доза коагулант — 3,0 мг/л алуминиев окис, лабораторните опити по-

Таблица 2

Видове вода	$Al_2O_3$ мг/л	Показатели	
		Остат. мътност мг/л	Цветност в град.
Сурова вода	0,0	65	70
Вода пречистена с $Al_2(SO_4)_3$	3,5	23,0	50
	4,0	8,7	20
	4,5	5,0	10
	5,0	3,2	5
	5,5	2,5	5
Вода пречистена с ОАХ-15	3,5	4,6	5
	4,0	4,2	5
	4,5	2,8	3
	5,0	2,5	3
	5,5	2,2	3



Фиг. 4

казват, че най-добър пречиствателен ефект дават 7 и 10%-ни разтвори: остатъчна мътност 2,0 мг/л при изходна мътност 30 мг/л. При същата изходна мътност за 5%-ния разтвор остатъчната мътност е 2,5 мг/л, за 3%-ния разтвор е 3,5 мг/л и т. н.

Лабораторните опити потвърждават резултатите на проф. Клячко за влиянието на двата коагуланта върху алкалността на водата, обработена с ОАХ-15, е от 4 до 6 пъти по-малко, отколкото с АС. На фиг. 4 е показано как се изменя алкалността от дозата коагулант при начална мътност 3,0 мг/л и рН=7,20. Началната алкалност е посочена на същата фигура като  $A_0=1,20$  мг/л.

Промишлените опити се проведеха първоначално с дебит 800 л/сек, а след това с 2400 л/сек. Дозата и за двата коагуланта — АС и ОАХ-15 бе една и съща — 1,06 мг/л  $Al_2O_3$ , което съответствува на 7,0 мг/л алуминиев сулфат търговски продукт. За целия период на експеримента суровата вода се характеризираше със следните показатели: ниска мътност — 4,2÷7,4 мг/л, цветност до 10°, рН от 7,3 до 7,6, температура 11 - 12°C, алкалност от 1,2 до 1,4 мг-екв/л и окисляемост от 2,20 до 2,95 мг/л  $O_2$ . Ниските показатели за мътност и цветност не позволиха да се проведе опит с намалена доза на ОАХ-15. Среднодневните резултати са отразени в табл. 3. По отношение показателя мътност коагулираната вода с ОАХ-15 е с 38% по-чиста от тази с АС, окисляемостта средно с 12,8% по-ниска, а алкалността е по-висока с около 7,3%. Остатъчният алуминий е от 8 до 12 пъти по-малко, а в половината от случаите не се доказва. Увеличението на хлоридите е нищожно — 1,0 мг/л. За 21.VI. 78 г. резултатите са само за основен алуминиев хлорид и  $Ca(OH)_2$  в промишлени условия. Варното мляко се подаваше преди коагуланта. Прибавянето на вар бе с цел да се повиши рН на водата и да се намалят агресивните (корозионните) й свойства, а не да се подобрява коагулацията с ОАХ-15. Суровата вода на 21. VI имаше следните показатели: мътност — 5,8 мг/л, цветност — 7°, рН — 7,1, окисляемост — 2,53 мг/л  $O_2$ , хлориди — 5,2 мг/л  $Cl^-$  и алкалност — 1,24 мг-екв/л. Дозата ОАХ-15 на 21.VI бе 1,5 мг/л  $Al_2O_3$ , а на варното мляко — 4,0 мг/л  $CaO$ . Промишлените опити потвърдиха извода от лабо-

Таблица 3

Дата	Коагулирана вода от утайките -пулсатори													
	Мътност мг/л		Цветност град.		Алкалност мг-екв/л		Окисляемост мг/л $O_2$		рН		Хлориди мг/л		Остат Al мг/л	
Показател	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
коагулант	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
14 VI 78	2,5	1,9	3	0	1,12	1,21	1,82	1,64	6,80	6,90	6,4	7,5	4,00	0,00
15 VI 78	3,9	3,2	2	2	1,16	1,19	1,89	1,74	6,80	6,80	7,0	7,7	0,08	0,01
16 VI 78	3,6	2,8	3	3	1,12	1,20	2,40	2,20	6,80	6,90	8,0	9,0	0,10	0,01
17 VI 78	3,6	2,8	3	3	1,12	1,18	2,38	2,14	6,80	6,90	8,0	9,0	0,10	0,01
18 VI 78	4,6	3,1	5	3	1,15	1,21	2,52	2,38	6,70	6,80	7,5	8,5	0,12	0,01
19 VI 78	4,6	3,1	5	3	1,14	1,22	2,60	2,10	6,70	6,90	7,5	8,5	0,12	0,01
20 VI 78	4,1	2,5	5	1	1,11	1,18	2,15	1,60	6,70	6,90	5,4	7,0	0,12	0,01
21 VI 78	-	2,7	-	2	-	1,40	-	2,30	-	8,30	-	8,5	-	0,02
22 VI 78	3,6	2,4	5	3	1,00	1,11	2,60	2,50	6,80	7,00	8,8	10,0	0,06	0,00
23 VI 78	3,6	3,0	5	4	1,08	1,13	2,33	2,12	6,80	7,00	8,8	10,4	0,05	0,00
24 VI 78	3,1	2,6	3	1	1,05	1,15	2,10	1,90	6,70	6,80	7,0	8,0	0,05	0,00
25 VI 78	3,5	2,2	3	1	1,15	1,21	2,50	2,06	6,80	7,00	6,4	7,3	0,05	0,00
26 VI 78	3,5	2,5	3	1	1,07	1,16	2,21	1,97	6,70	6,90	6,2	7,3	0,12	0,00
27 VI 78	3,5	2,5	3	1	1,07	1,16	2,21	1,97	6,70	6,90	6,2	7,3	0,12	0,00
Средно	3,7	2,7	-	-	1,10	1,18	2,28	2,02	-	-	7,2	8,2	-	-

заб.: коагулант- 1-ал.сулфат; 2-основен ал. хлорид

раторните изследвания за съвместната употреба на новия коагулант и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Основният алуминиев хлорид за разлика от алуминиевия сулфат запазва висока пречиствателна способност при  $\text{pH}=8,3-8,4$ . За практиката това повишение на  $\text{pH}$  е напълно достатъчно, като се има пред вид, че по БДС 2323-75 горната граница за  $\text{pH}$  е 8,5.

По време на промишления експеримент бяха взети (два пъти) проби от филтрираната вода, третирана с двата коагуланта, от ХЕИ—София град, за определяне на съдържанието на токсични микроелементи. Анализите за арсен, кадмий, живак, олово бяха извършени по метода на пламъчно-атомно-абсорбционна спектрофотометрия в Института по хигиена и професионални заболявания при Медицинска академия. Резултатите показват, че както за АС, така и за ОАХ-15 количеството на тези елементи е далеч по-малко от това, лимитирано от БДС: за кадмий — 10 пъти по-малко от ПДК, арсен — 50 пъти по-малко от ПДК, олово не се доказва и т. н.

Анализираните проби (също от ХЕИ) за микробиологични показатели показваха, че стойностите за коли-титър на водата, пречистена с двата коагуланта, отговарят на стандарта.

Увеличението на хлоридните йони е незначително — само 1,0 мг/л средно за експеримента. Дори при доза 5,0 мг/л  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , което съответствува на 16,8 мг/л безводен алуминиев сулфат, увеличението ще бъде с 4,0 мг/л  $\text{Cl}$ , а за доза 25 мг/л  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , равняваща се на 84 мг/л безводен  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , то би било с 10 мг/л. За условията на пречиствателна станция „Панчарево“ максималното увеличение може да бъде с 2,5 мг/л  $\text{Cl}$ , т. е. за максимална доза 3,0 мг/л  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , което се равнява на 20 мг/л алуминиев сулфат търговски продукт. Този прираст на хлоридните йони не може да повлияе върху корозионните свойства на водата.

По отношение на бетона сулфатните йони действуват разрушаващо, като образуват с високос основните алуминати хидросулфоалуминат, който кристализира с голямо количество вода, увеличавайки многократно обема си, и който може да доведе до разрушаване на бетона. Наличието на хлориди за бетона не е опасно. Те затрудняват образуването на кристали сулфоалуминати или образуват с калция малко разтворими окисни съединения [16].

## Изводи

1. Основният алуминиев хлорид (ОАХ-15) е високоефективен коагулант за питейни води, способен да замести класическия алуминиев сулфат.

2. Основният алуминиев хлорид (ОАХ-15) запазва пречиствателната си способност при съвместна употреба на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  респ. при високи стойности на  $\text{pH}$  — до 9,0.

3. Замяната на алуминиев сулфат с основен алуминиев хлорид не изисква никакви нови инвестиции от страна на консуматора. Новият коагулант може да се съхранява в същите резервоари с корозионноустойчива изолация, използвани за алуминиев сулфат, и да се дозира със същите съоръжения.

## Литература

1. J. H. Hatwood, J. Kerr, S. F. Crundall. U. S. 858 269, 28 Oct. 1958.
2. Iv. Zlateva, D. Trendafelov, G. St. Nikolov. Commun. Departm. Chem. Acad. bulg. Sci., 8. 3. 433, 1975.
3. T. Stones. Ins. Sewagr. Purif., J. Proc., pt. 4. 350. 1955.
4. В. А. Клячко. Водоснабжения и санитарная техника № 7. 13. 1962.
5. Ю. А. Бардин, Е. С. Шалашова. Водоснабжения и санитарная техника. № 6. 27, 1965.
6. D. Motoc. Ind. Aliment. 17, 5. 233. 1966. Romania.
7. Б. М. Щепачев, Л. Б. Лазовский, Гигиена и санитария. № 10. 100, 1968.
8. Б. М. Щепачев, Л. Н. Золотарева, Л. Б. Лазовский, Е. П. Якубовская. Тр. научн. исслед. инст. осн. хим.. 21. 97. 1970.
9. Н. Н. Алфимов, З. М. Эвенщайн, Н. Н. Руденко. Гигиена и санитария, 35, № 6. 86. 1970.
10. Савчук С. І., Наука і техн. в Миськ. господ. Респ. міжвід. Наук. техн. зб. (20), 119, 1972. Україна.
11. Лазовский, М. Г. Новиков, Л. Л. Гольдфельд, Ф. А. Колобова, Жил. и коммун. х-во., № 5. 36. 1974.
12. Когё ёсуй, № 187, 9, 1974. Япония.
13. Хр. И. Матева, Кандидатска дисертация. 1977 г., Институт коллоидной химии и химии воды. Киев.
14. Хр. Добрев, Д. Трендафилов, И. Златева. Авт. св., пер. № 43368/1979.
15. Degremont-Paris. Water treatment Handbook. 1973.
16. Е. И. Колокольникова. Долговечность строительных материалов. Изд. Высш. школа, 1975.