

Ефективність алюмінієвих коагулянтів різної основності при очищенні природної води

О.О.ХИЖНЯК, аспірант (НУХТ, Україна), А.К.ЗАПОЛЬСЬКИЙ, д.т.н., професор (НУХТ, Україна), В.Я.ДЕМЧЕНКО, зав.лаб. (Деснянська водостанція, Київ, Україна), П.В.ГОЛЮК, зав.лаб. (Дніпровська водостанція, Київ, Україна)

Анотація

В даній статті представлені результати експериментальних досліджень ефективності коагулятивного очищення природної води основними сульфатами алюмінію в порівнянні з традиційним коагулянтом – сульфатом алюмінію в зимовий період, а також оцінка якості води після її обробки.

Эффективность алюминиевых коагулянтов разной основности при очистке природной воды

О.А.ХИЖНЯК, аспирант (НУПТ, Украина), А.К.ЗАПОЛЬСЬКИЙ, д.т.н., профессор (НУПТ, Украина), В.Я.ДЕМЧЕНКО, зав.лаб. (Деснянская водостанция, Киев, Украина), П.В.ГОЛЮК, зав.лаб. (Днепровська водостанция, Киев, Украина)

Аннотация

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований эффективности коагуляционной очистки природной воды основными сульфатами алюминия в сравнении с традиционным коагулянтом - сульфатом алюминия в зимний период, а также оценка качества воды после ее обработки.

Efficiency aluminium coagulants different basicity at clearing natural water

KHYZHNYAK O., the post-graduate student (NUFT, Ukraine), ZAPOLSKIY A., Dr.Sci.Tech., the professor (NUFT, Ukraine), DEMCHENKO V., the manager of laboratory

(waterworks of the Desna, Kiev, Ukraine), GOLUK P, the manager of laboratory (waterworks of the Dnepr, Kiev, Ukraine)

Abstract

In given article results of experimental researches of efficiency coagulatory clearing of natural water by the basic sulfates of aluminium in comparison with traditional coagulant - sulfate of aluminium during the winter period, and also an estimation of quality of water after its processing are submitted.

Постановка завдання

Актуальність проблеми забезпечення населення високоякісною питною водою підвищується і впливає на соціальний, екологічний і економічний стан у країні. Рішення цих проблем усе більш ускладнюється антропогенним втручанням, деградацією поверхневих джерел, недосконалістю в технологічному рішенні підготовки питної води. Вимоги до якості технологічної води, яка використовується в харчових виробництвах, різні і залежать від її призначення, виду продукції, що виготовляється, та технологій, що застосовуються. Коли якість води із природних джерел, поверхневих та підземних, не задовольняє вимог споживача, її необхідно очищати. Хімічний склад і властивості природної води та вимоги споживача визначають вибір методів обробки води. Одним із головних технологічних процесів очищення природної води є коагулювання. Це пов'язано з його достатньою ефективністю та відносною дешевизною. Найпоширеніші коагулянти – неорганічні, головним чином, солі полівалентних металів алюмінію та феруму – основний сульфат і сульфат алюмінію, поліалюмінійхлорид, хлорид феруму, солі феруму (II та III), змішані коагулянти на основі феруму та алюмінію. Асортимент продукції, що випускається промисловістю, включає, в основному, очищений сульфат алюмінію в твердому вигляді та в розчині, що отримують з гідроксиду алюмінію.

Безперервно зростаюча потреба в коагулянтах, обумовлена як збільшенням обсягів водовикористання, що відбувається в більшості випадків за рахунок поверхневих джерел, так

і підвищення вимог до якості очищених природних вод. В зв'язку з цим останнім часом у практиці водопідготовки та водоочищення спостерігається тенденція до використання більш ефективних коагулянтів – основних сульфатів і основних хлоридів алюмінію.

Останнім часом під керівництвом проф. Запольського А.К. розроблено технологію отримання основних сульфатів алюмінію різної основності. Основні переваги основних сульфатів алюмінію перед сульфатом алюмінію: цей коагулянт взаємодіє у ширшому інтервалі значень рН очищуваної води, потребує меншого лужного резерву і має значно кращу пластівцеутворювальну здатність, особливо за низьких температур. Міцели, утворені в результаті гідролізу, мають вищий позитивний заряд і кращу адсорбційну здатність. Оскільки основні сульфати алюмінію є більш основними коагулянтами, їх розчини менш агресивні, завдяки чому різко знижується кислотна корозія обладнання та комунікацій. Для виробництва основних сульфатів алюмінію потрібно значно менше (на 33%) сульфатної кислоти, що дає змогу істотно зменшити собівартість його виробництва. Витрати нового коагулянту (у перерахунку на Al_2O_3) на 15-20%, а іноді – на 30-35% нижчі, ніж сульфату алюмінію.

Методологічна частина

З літератури [1,2] відомо, що сульфат алюмінію ефективний при дестабілізації природних дисперсій з невисоким вмістом глинистих мінералів і гумусових речовин в діапазоні рН 6,0-7,5. В цих умовах відмічається задовільна здатність коагулянту до утворення пластівців. Однак, істотним недоліком сульфату алюмінію є його чутливість до температури очищуваної води. Це пояснюється значною гідратацією гідроксиду алюмінію за низьких температур. Підвищена стійкість золю гідроксиду алюмінію в цих умовах істотно впливає на швидкість агрегатоутворення і седиментації, що призводить до потрапляння остаточного алюмінію в очищувану воду і осадження його в формі $Al(OH)_3$ на очисних спорудах. Обробка води сульфатом алюмінію, який має високу кислотність та знижує

стабільність води, потребує введення додаткового технологічного етапу – додавання лужних реагентів (розчину вапна) для нейтралізації.

В даній роботі представлені результати експериментальних досліджень ефективності коагулятивного очищення природної води основними сульфатами алюмінію в порівнянні з традиційним коагулянтом – сульфатом алюмінію в зимовий період, а також оцінка якості води після її обробки.

Досліджували коагулянти, що представляють собою основні сульфати алюмінію (далі композитні коагулянти або КК) з модулем основності $M_{OC} = 2.3, 2.5, 2.7$ та дигідроксосульфат алюмінію (ДГСА) з $M_{OC} = 2.0$ ($M_{OC} = SO_4/Al_2O_3$). Їх коагулятивну активність порівнювали з такою для технічного очищеного сульфату алюмінію (далі СА) з $M_{OC} = 3.0$. Ефективність коагуляційної здатності речовин, що досліджували визначали стандартним методом пробної коагуляції. Контролювали природну і очищену воду по каламутності, кольоровості та вмісту залишкового алюмінію. Коагулянти дозували 1,0 % - им розчином по Al_2O_3 . Для знезаражування використовували хлор. Дозу хлору визначали як для виробничого первинного хлорування. Порівняння коагулятивної здатності композитних коагулянтів з сульфатом алюмінію проводили в умовах наближених до виробничих: введення коагулянту, первинне хлорування, відстоювання та фільтрація. Температура природної води змінювалась в межах $0,2 - 5$ °С.

Мета досліджень – визначити кращий коагулянт та його оптимальну дозу для холодної пори року.

Обговорення результатів

Особливу увагу привернули властивості КК та ДГСА при застосуванні їх в холодну пору року ($t_{води} = 0,2 - 5,0$ °С). Відомо, що формування нерозчинних продуктів гідролізу СА в холодну пору року протікає повільно і часто не встигає завершитись на очисних спорудах. Крім того, у вказаних умовах утворюються дрібні пластівці $Al(OH)_3$, які не осаджуються у відстійниках і проходять крізь завантаження фільтрів, що призводить до високого вмісту

остаточного алюмінію в очищуваній питній воді. Основні сульфати алюмінію ефективно працюють і в зимову пору року, що дозволяє отримувати питну воду високої якості.

Параметри природної води р. Десна: $t = 0.2 - 4.0$ °С, каламутність $2.0 - 2.7$ мг/дм³, кольоровість $22 - 30$ град, лужність $4.8 - 5.0$ ммоль/дм³, рН $7.6 - 7.9$.

Параметри природної води р. Дніпро: $t = 0.2 - 5.0$ °С, каламутність $4.5 - 4.7$ мг/дм³, кольоровість 60 град, лужність $2.85 - 3.00$ ммоль/дм³, рН $7.9 - 8.0$.

В табл. 1 і 2 наведені дані коагуляційної ефективності ДГСА і композитних коагулянтів в порівнянні з сульфатом алюмінію при очищенні води річок Десна і Дніпро в період низьких температур. Отримані результати свідчать, що використання композитних коагулянтів і ДГСА значно зменшують оптимальну дозу реагенту, причому тим в більшій мірі, чим менший модуль основності в порівнянні з сульфатом алюмінію. За оптимальну дозу приймали кількість коагулянту, при дозуванні якого показник залишкового алюмінію очищеної води був біля 0.7 мг/дм³ і при цьому спостерігалось значне осадження або осадження коагульованої зависі, що впливає на якість очищеної води, після обраного часу відстоювання. Виходячи з цього отримали, що оптимальна доза (Дк) ДГСА з $M_o = 2.0$ і композитних коагулянтів з $M_o = 2.3, 2.7$ і 2.7 становила в умовах Деснянської водопровідної станції відповідно $1.5, 3.0, 4.5, 6.0$ мг/дм³ по Al_2O_3 (табл. 1). В той же час для сульфату алюмінію оптимальна доза як така взагалі не існує. Навіть в широкому діапазоні доз (від 1.5 до 6.0 мг/дм³), хоч і в останньому випадку спостерігається осадження пластівців, кількість залишкового алюмінію становить більше 0.8 мг/дм³ і практично не змінюється зі збільшенням Дк. Це цілком логічно і відповідає даним багатьох досліджень. Так, за низьких температур гідроліз сульфату алюмінію з утворенням гідроксиду алюмінію відбувається в'яло, тобто рівновага зміщується в область утворення розчинних продуктів гідролізу. Збільшення дози СА збільшує кількість нерозчинної форми продуктів його гідролізу, що сорбуються на частинках домішок води і частково осаджуються впродовж двох годин. Проте низький вміст частинок глинистих мінералів у вихідній воді, що збільшують масу пластівців

коагульованої зависі, з одного боку, та висока водонасиченість останніх взимку, а, отже, мала щільність, з іншого боку, негативно відбивається на процесі седиментації пластівців. Це призводить до високих значень залишкового алюмінію в очищеній воді. В той же час композитні коагулянти і ДГСА вже попередньо гідролізовані в порівнянні з сульфатом алюмінію. Як показали дослідження, збільшення основності коагулянтів викликає підвищення не тільки електрокінетичного потенціалу продуктів гідролізу, але й розміру останніх. Це повинно інтенсифікувати процеси гетерокоагуляції і седиментації при їх використанні у водопідготовці.

Більш висока коагуляційна активність композитних коагулянтів і ДГСА порівняно з сульфатом алюмінію зберігається і в умовах Дніпровської водопровідної станції (табл. 2). Це проявляється у відміченому вище зміщенні оптимальної дози в бік менших значень в ряду зразків з $M_o = 3.0, 2.7, 2.5, 2.3$ і 2.0 , що сприяє економії витрат коагулянту і покращенню показників якості питної води. Наприклад, вміст розчиненого алюмінію в 2 рази менший, ніж для сульфату алюмінію. Це пов'язано з тим, що основні сульфати алюмінію гідролізовані вже на стадії приготування робочих розчинів, а, отже, їх гідроліз у вихідній воді відбувається більш глибоко, на відміну від сульфату алюмінію. Окрім того, з меншою оптимальною дозою, що спостерігається для композитних коагулянтів і ДГСА, вноситься й менша кількість алюмінію в очищувану воду. Перераховане й обумовлює низькі значення $Al_{Зал}$ у воді для цих реагентів. Слід відмітити, що збільшення дози композитних коагулянтів з підвищеною основністю понад оптимальну призводить до збільшення розчиненого алюмінію (рис. 1), що в свою чергу веде до збільшення мутності.

Висновки

Таким чином, дослідження процесу водопідготовки Деснянської і Дніпровської вод показали, що застосування композитних коагулянтів і ДГСА дозволяють отримати воду високої якості, покращити процес відстоювання за значної економії реагенту в зимовий період, коли сульфат алюмінію практично не працює. Досліджені коагулянти є більш

ефективними в порівнянні з сульфатом алюмінію в холодну пору року. Чим вище основність коагулянтів (від 2,7 до 2,0), тим активніше протікає коагуляція (знижуються значення кольоровості, каламутності, залишкового алюмінію). Найкращу коагулятивну здатність проявляє дигідрокосульфат алюмінію (табл. 1 і 2).

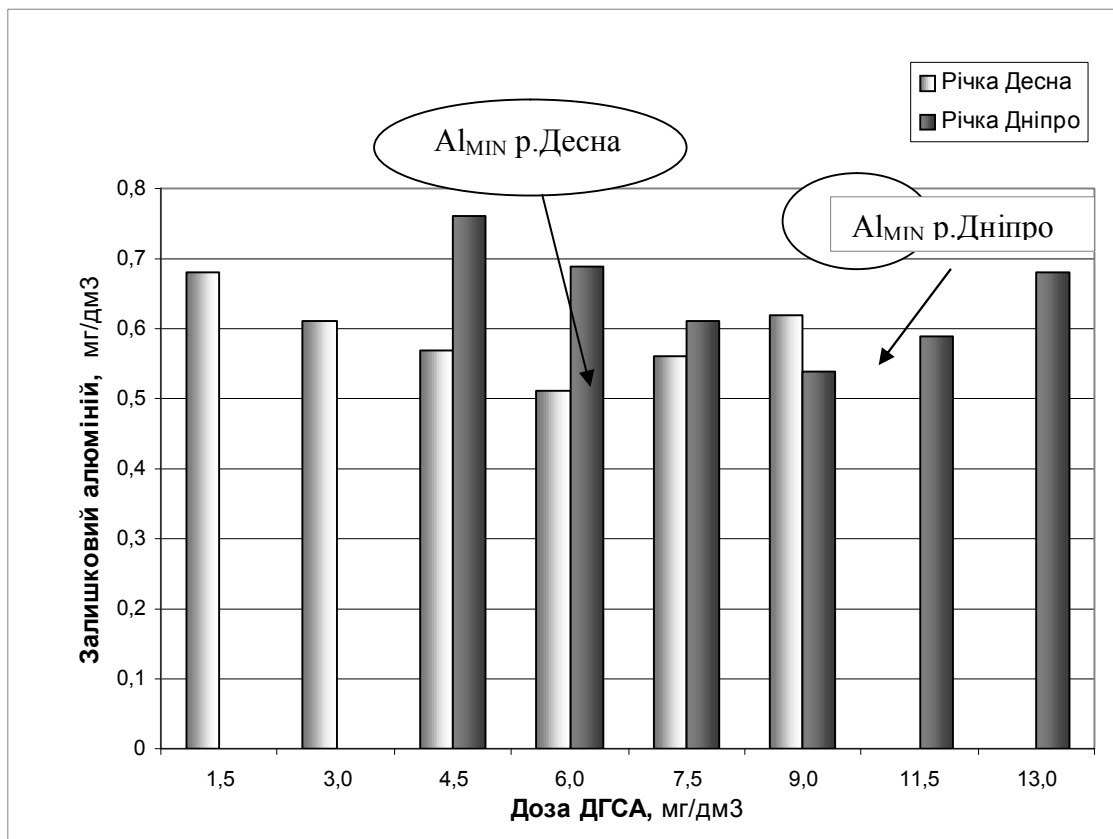


Рис.1. Зміна вмісту залишкового алюмінію в очищеній воді в залежності від дози коагулянту.

Список літератури

1. ЗАПОЛЬСЬКИЙ А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671с.
2. ЗАПОЛЬСЬКИЙ А.К., МІШКОВА-КЛИМЕНКО Н.А., АСТРЕЛІН І.М., БРИК М.Т., ГВОЗДЯК П.І., КНЯЗЬКОВА Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. – К.: Лібра, 2000. – 552с.

Таблиця 1. Вплив типу коагулянту та дози на ефективність коагуляції в зимову пору року річки Десна

№ _д	Коагулянт (тип, модуль)	Доза (мг\дм ³)	Параметри очищеної води			Пластівце- утворення, осадження
			Каламутність, мг\дм ³	Кольоровість, град	Al _{зали} , мг\дм ³	
1	СА	1,5	2,10	23	1,11	поч.осадж
2		3,0	2,00	22	1,05	поч.осадж
3		4,5	1,95	21	0,99	поч.осадж
4		6,0	1,85	20	0,95	поч.осадж
5		7,5	1,75	19	0,90	осадження
6		9,0	1,65	18	0,81	зн.осадж.
7	ДГСА M _{ос} = 2.0	1,5	1,85	19	0,98	поч.осадж
8		3,0	1,75	18	0,82	осадження
9		4,5	1,60	17	0,68	осадження
10		6,0	1,40	16	0,61	зн.осадж.
11		7,5	1,30	15	0,57	зн.осадж.
12		9,0	1,25	14	0,51	зн.осадж.
13	КК M _{ос} = 2.3	1,5	1,95	20	0,99	поч.осадж
14		3,0	1,90	19	0,91	поч.осадж
15		4,5	1,80	18	0,81	осадження
16		6,0	1,65	17	0,73	осадження
17		7,5	1,55	16	0,68	зн.осадж.
18		9,0	1,45	15	0,60	зн.осадж.
19	КК M _{ос} = 2.5	1,5	2,00	22	1,02	поч.осадж
20		3,0	1,90	21	0,95	поч.осадж
21		4,5	1,80	20	0,89	осадження
22		6,0	1,75	19	0,83	осадження
23		7,5	1,65	18	0,78	осадження
24		9,0	1,55	17	0,70	зн.осадж.

25	КК	1,5	1,10	23	1,06	поч.осадж
26	M _{oc} = 2.7	3,0	1,20	22	0,97	поч.осадж
27		4,5	1,30	21	0,90	осадження
28		6,0	1,40	20	0,84	осадження
29		7,5	1,50	19	0,80	осадження
30		9,0	1,60	18	0,71	зн.осадж.

Таблиця 2. Вплив типу коагулянту та дози на ефективність коагуляції в зимову пору року річки Дніпро.

№ _д	Коагулянт (тип, модуль)	Доза (мг\дм ³)	Параметри очищеної води			Пластівце- утворення, осадження
			Каламутність, мг\дм ³	Кольоровість, град	Al _{зал} , мг\дм ³	
1	СА	6,0	2,60	32	1,30	поч.осадж
2		7,5	2,40	30	1,16	осадження
3		9,0	2,15	28	1,02	зн.осадж.
4		11,5	1,90	26	0,97	зн.осадж.
5		13,0	1,70	24	0,91	зн.осадж.
6	ДГСА M _{oc} = 2.0	6,0	1,30	22	0,84	поч.осадж
7		7,5	0,90	21	0,76	поч.осадж
8		9,0	0,65	20	0,69	осадження
9		11,5	0,55	19	0,61	зн.осадж.
10		13,0	0,40	18	0,54	зн.осадж.
11	КК M _{oc} = 2.3	6,0	1,50	23	0,90	поч.осадж
12		7,5	1,10	22	0,83	поч.осадж
13		9,0	0,85	21	0,77	осадження
14		11,5	0,60	20	0,70	осадження
15		13,0	0,50	19	0,65	зн.осадж.
16	КК M _{oc} = 2.5	6,0	1,90	26	0,99	поч.осадж
17		7,5	1,65	25	0,90	поч.осадж
18		9,0	1,40	24	0,84	осадження
19		11,5	1,20	22	0,77	осадження
20		13,0	0,70	20	0,70	зн.осадж.
21	КК M _{oc} = 2.7	6,0	2,00	28	1,05	поч.осадж
22		7,5	1,60	26	0,97	поч.осадж

23		9,0	1,35	25	0,91	осадження
24		11,5	1,05	24	0,85	осадження
25		13,0	0,85	23	0,76	осадження