

У. Ш. Мусина

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО КОАГУЛЯНТА

Приведены результаты исследований по очистке сточных вод с использованием нового коагулянта — сульфатного смешанного алюмо-железо-кремниевого коагулянта из краснооктябрьских бокситов. Определены дисперсионный состав взвешенных веществ в сточных водах, оптимальная доза коагулянта для исследования коагулирующих свойств при осветлении хозяйственной и промышленной сточных вод.

Ключевые слова: коагулянт, боксит краснооктябрьский, очистка воды, осаждение, взвешенные вещества, дисперсный состав.

U. Mussina

A Study of Sedimentation Balance of Suspensions with the Use of a New Inorganic Coagulant

The results of the studies on waste water treatment with the use of a new coagulant — the sulfate mixed aluminum-iron-silicon coagulant from Krasnooktyabrskiy bauxites — have been presented. The dispersion composition of suspended solids in the waste water, the optimum amount of the coagulant to study the coagulating properties in the process of clarification of potable water and industrial waste water have been determined.

Keywords: coagulant, Krasnooktyabrskiy bauxite, water treatment, sedimentation, suspended solids, dispersed composition.

Одной из основных технологических операций при очистке сточных и природных вод от взвешенных веществ является разделение жидкой и твердой фаз. Возникающие при этом затруднения связаны с дисперсностью частиц и высокой устойчивостью системы. Интенсифицировать этот процесс возможно за счет агрегирования частиц под воздействием коагулянтов и флокулянтов.

В настоящее время в качестве эффективного коагулянта применяется преимущественно сернокислый алюминий, реже — сульфаты железа и смешанные алюможелезистые коагулянты, в качестве флокулянтов чаще используется полиакриламид (ПАА).

Разработан принципиально новый подход получения эффективного коагулянта, обладающего высокими коагулирующими свойствами в широком диапазоне рН, — сульфатного смешанного алюможелезисто-кремниевого коагулянта (ССАЖКК) — при разложении краснооктябрьского боксита серной кислотой с максимальным извлечением алюминия, железа и кремния в пастообразную фазу. В экспериментах использовали краснооктябрьский

боксит химического состава, %: Al_2O_3 — 42,89; Fe_2O_3 — 5,40; FeO — 2,12; SiO_2 — 24,73; CaO — 1,54; MgO — 0,60; TiO_2 — 1,48; CO_2 — 16,15; п.п.п. — 5,09 [1, с. 194].

Как показали расчеты и экспериментальные исследования, максимальное извлечение алюминия, железа и кремния будет происходить при температурах 110–130 °С, с продолжительностью экспозиции 30–50 минут, при концентрации серной кислоты 60 %, дозировке кислоты — 95 % от стехиометрии; Ж:Т = 1,5:1 — 2:1 [1].

Для исследования коагулирующих свойств нового коагулянта-флокулянта была отобрана проба, химический состав которой приведен в табл. 1 в сравнении с регламентируемыми ГОСТ чистыми солями.

Таблица 1

Технические характеристики коагулянта-флокулянта ССАЖКК

Определяемый показатель	Содержание, %	Содержание показателей неочищенных коагулянтов, %	
		Алюминий сернокислый технич. неочищ. ГОСТ 5155-74	Сульфат железа (III) ВТУ МХП 3876-53
Al_2O_3	11,13	9,5	–
Fe_2O_3	3,65	0,5	20
FeO	1,3	–	1,5
SiO_2	7,7	–	–
H_2SO_4 (свободная)	0,83	2,0	0,7
Нерастворимый осадок	7,1	2,2	1,0

Как видно из таблицы, содержание свободной кислоты и нерастворимого осадка в исследуемой пробе коагулянта превышает показатели, регламентируемые ГОСТ для солей железа и алюминия, используемых в водоподготовке.

По данным спектрального полуколичественного анализа содержание микрокомпонентов в коагулянте ССАЖКК находится на уровне фоновых значений (табл.2).

Таблица 2

Спектральный анализ исследуемой пробы ССАЖКК

Элемент	N	Co	Mo	Ni	Pb	Se	Ti	Zn
Содержание, %	0,0045	0,031	0,00051	0,011	0,00081	0,001	0,4	0,01

Cu	Cr	Cd	As	Sb	Te	U	Th
0,0005	0,0008	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0002	0,0002

Суммарная α -активность пробы ССАЖКК по данным радиохимического анализа — $6,51 \cdot 10^{-12}$ Ки/г. Продукт не радиоактивен.

Коагулирующие свойства ССАЖКК оценивались на основе сравнительных испытаний очистки сточных вод с использованием стандартных коагулянтов: сернокислого алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, ГОСТ 5155-74), сульфата железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ГОСТ 6981-75) и хлорида железа (FeCl_3 , ГОСТ 11159-65) по способности реагента:

- ускорять процесс механического осветления сточных вод;
- попутно удалять из очищаемой воды вредные катионы и анионы.

Исследовалось три типа сточных вод:

- 1) промышленная сточная вода химического производства (проба 1);
- 2) сточная вода после очистных сооружений (проба 2);
- 3) хозяйственная сточная вода, содержащая в своем составе, помимо взвешенных веществ и органики, также тяжелые металлы (проба 3).

Осветляемость сточных вод определялась *методом отстаивания*. В результате исследований в пробах на протяжении всего процесса отстаивания отсутствовала четкая граница раздела осветленного слоя воды и осадка.

Для проведения процесса осветления экспериментальным путем подбирались оптимальная доза коагулянта. Исследуемой водой заполняли цилиндры емкостью 0,25 л и добавляли различные количества реагентов-коагулянтов с концентрацией растворов 1 % по техническому веществу.

В течение первых 15–20 с быстрым перемешиванием смешивали воду с коагулянтом, в течение последующих 3–5 мин проба перемешивалась медленно. Через 30 мин после контакта коагулянта с водой отбирали пробу с верхнего слоя воды на глубине 100 мм и определяли концентрацию взвешенных веществ.

Оптимальной считалась доза коагулянта, при которой содержание взвешенных веществ в верхнем слое исследуемой воды после 30 минутного отстаивания было минимальным.

Важную роль в технологии обработки вод играет не только суммарное количество взвешенных веществ, но и их дисперсионный состав.

Результаты исследования дисперсионного состава взвешенных веществ в промышленных сточных водах сведены в табл. 3.

По распределению частиц по классам крупности можно судить о способности сточных вод к самоосветлению.

Таблица 3

Дисперсионный состав взвешенных веществ

Взвешенные вещества	Размер частиц, мкм	Гидравлическая крупность, мм/с	Время осаждения, ч	Выход частиц, %		
				проба № 1	проба № 2	проба № 3
Мелкий ил	10–7	0,056	10–30	48,3	40,14	55,16
	7–5	0,028	1	8,65	28,66	39,17
	5–4	0,014	2	0,98	3,71	0,75
	4–3	0,009	3	0,98	7,12	0,52
Крупная	3–2	0,007	4	0,98	7,12	1,36
Глина	2–1	0,006	5	0,98	0,63	1,36
Мелкая	1–0,5	0,001	24	3,27	3,07	1,36
Глина	0,5–0,1	0,0007	40	36,76	9,55	0,32
ИТОГО				100,00	100,00	100,00

В табл. 4 и на рис. 1–3 представлены результаты изучения влияния продолжительности на степень осветления промышленной сточной воды без очистки, промышленной после очистных сооружений и хозяйственно-бытовой сточной воды без введения коагулянта.

Проба № 1 (промсток до очистных сооружений) содержит, в большинстве своем, взвешенные частицы крупностью 10–5 мкм. За 3 ч осветление воды происходит на 78,9–81%. Через 24 часа пробы осветляются на 84–97% (рис. 1).

Проба № 2 (после очистных сооружений), представленная на 57,86% частицами крупностью 10–5 мкм и на 36,76% частицами крупностью 0,5 мкм, осветляется за первые 30 мин на 50,2%, после чего происходит снижение скорости осветления (рис. 2) и за 24 ч отстаивания осаждение взвесей происходит на 62,53%.

Таблица 3

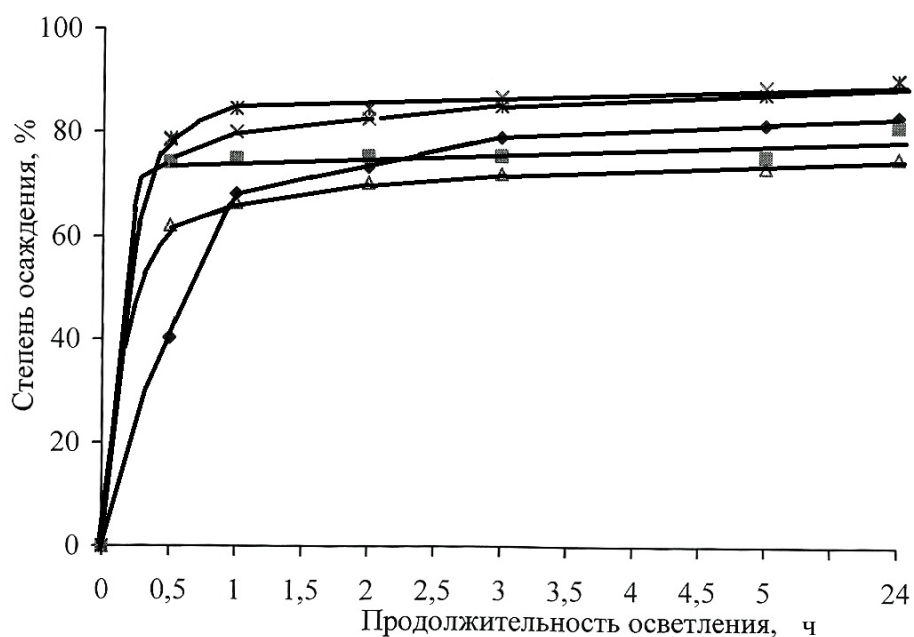
Дисперсионный состав взвешенных веществ

Взвешенные вещества	Размер частиц, мкм	Гидравлическая крупность, мм/с	Время осаждения, ч	Выход частиц, %		
				проба № 1	проба № 2	проба № 3
Мелкий ил	10–7	0,056	10–30	48,3	40,14	55,16
	7–5	0,028	1	8,65	28,66	39,17
	5–4	0,014	2	0,98	3,71	0,75
	4–	0,009	3	0,98	7,12	0,52
Крупная фракция	3–2	0,007	4	0,98	7,12	1,36
Глина	2–1	0,006	5	0,98	0,63	1,36
Мелкая фракция	1–0,5	0,001	24	3,27	3,07	1,36
Глина	0,5–0,1	0,0007	40	36,76	9,55	0,32
ИТОГО				100,00	100,00	100,00

Таблица 4

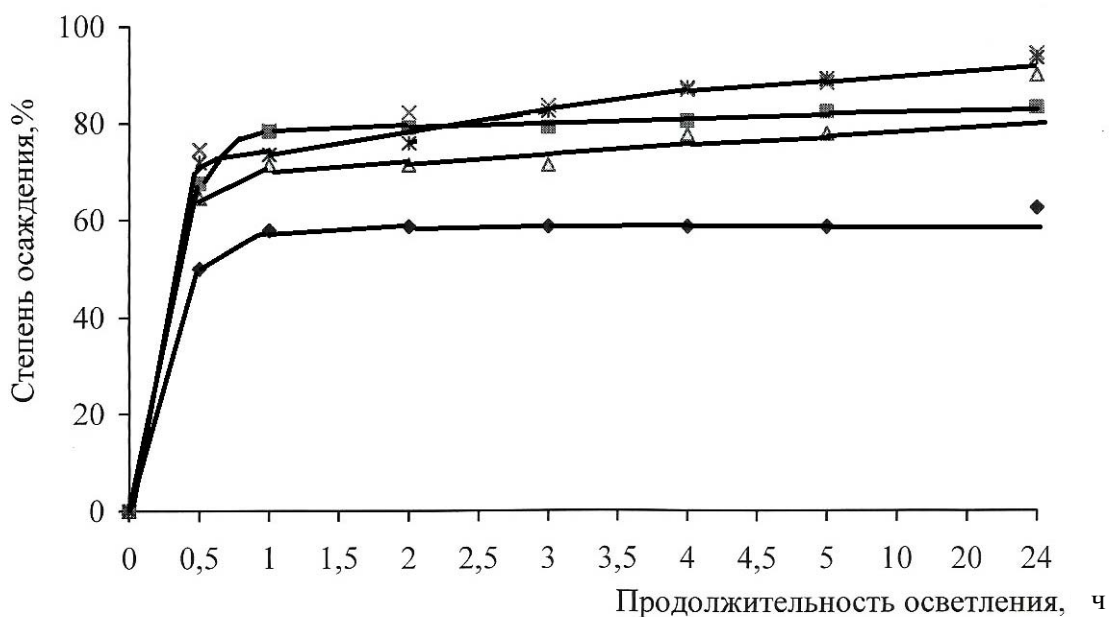
Степень осаждения взвесей из сточной воды без коагулянта

Проба	Степень осаждения взвесей, %						
	Время отстаивания, т, ч						
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	24
Промышленная сточная вода	40,36	68,25	73,45	78,96	79,57	81,61	83,19
Промышленная сточная вода после очистных сооружений	50,2	57,86	58,62	58,62	58,62	58,62	62,53
Хозбытовая сточная вода	56,4	94,46	95,23	95,68	96,99	96,99	97,00



◆ — самоосветление; ■ — FeSO₄·7H₂O; ▲ — FeCl₃; γ — ССАЖКК; * — Al₂(SO₄)₃·18H₂O

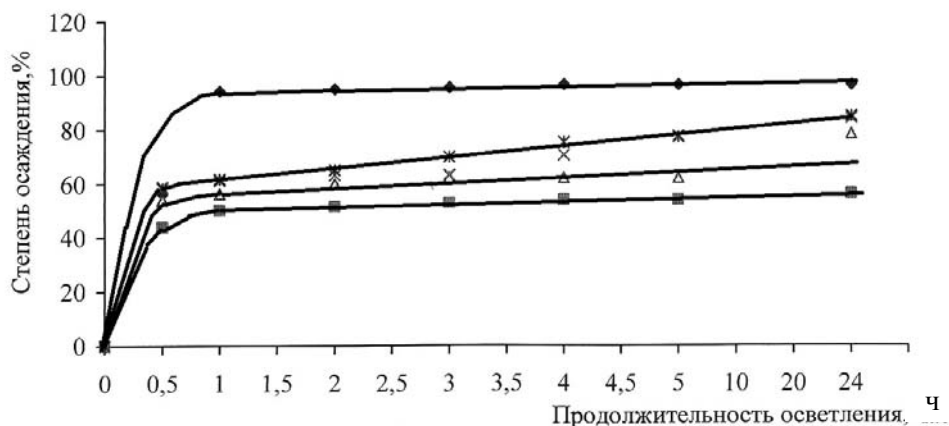
Рис. 1. Закономерность влияния продолжительности осветления на степень осаждения взвешенных веществ без коагулянта промышленной сточной воды (проба 1)



◆ — самоосветление; ■ — FeSO₄·7H₂O; ▲ — FeCl₃; γ — ССАЖКК; * — Al₂(SO₄)₃·18H₂O

Рис. 2. Зависимость степени осаждения взвешенных веществ промышленной сточной воды после очистных сооружений от продолжительности отстаивания (проба 2)

На рис. 3 показано, что хозяйственная сточная вода (проба 3) имеет взвешенные вещества, на 94,46% представленные частицами крупностью от 5 мкм и выше. Стоки осветляются практически за 1 ч до 94,46%. Осветление воды за 24 ч составляет 97,0%.



◆ — самоосветление; ■ — $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; ▲ — FeCl_3 ; χ — ССАЖКК; * — $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$

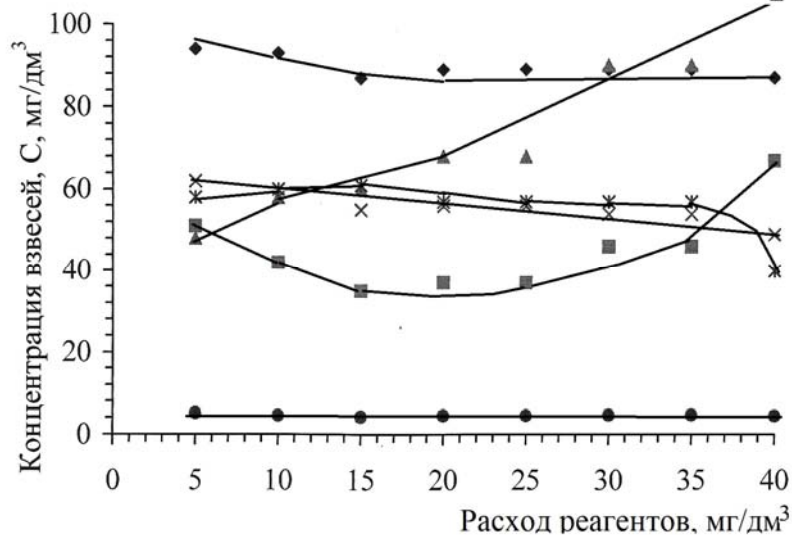
Рис. 3. Осаждаемость взвешенных веществ хозяйственной сточной воды от продолжительности отстаивания (проба 3)

В табл. 5 и рис. 4 показаны концентрации взвешенных веществ в воде при различных дозах коагулянтов (время отстаивания — 30 мин).

Таблица 5

Концентрация взвешенных веществ (ВВ) в воде при различных дозах коагулянтов (время отстаивания — 30 мин)

Номер пробы	рН среды	Сисх. ВВ, мг/дм ³	Концентрация взвешенных веществ (С), мг/дм ³											
			Расход реагентов, мг/дм ³											
			FeSO ₄ ·7H ₂ O						FeCl ₃					
			5	10	15	20	30	40	5	10	15	20	30	40
1	8,67	315,6	94	93	87	89	89	87	62	58	55	56	54	49
2	7,21	106,8	51	42	35	37	46	67	58	60	61	57	57	40
3	7,53	78,6	48	58	60	68	90	106	5,1	4,6	4,3	4,6	4,7	4,5



◆ — 1- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; ■ — 2- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; ▲ — 3- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;

x — 1- FeCl_3 ; * — 2- FeCl_3 ; ● — 3- FeCl_3 ; 1, 2, 3 — номера проб воды

Рис. 4. Влияние расхода реагентов на концентрацию взвешенных частиц

Как видно из рис. 4, в пробе № 1 (промсток до очистных сооружений) наилучшую активность показал хлорид железа — например, при дозировке 15 мг/дм³ степень осаждения составила 82,6%, а железный купорос при этой же дозировке — 72,6%.

В пробе № 2 (после очистных сооружений) наилучшая коагулирующая активность наблюдается при внесении железного купороса с оптимальной дозировкой 15 мг/дм³ — степень осаждения 67,2%, при введении 15 мг/дм³ хлорида железа — 42,9%

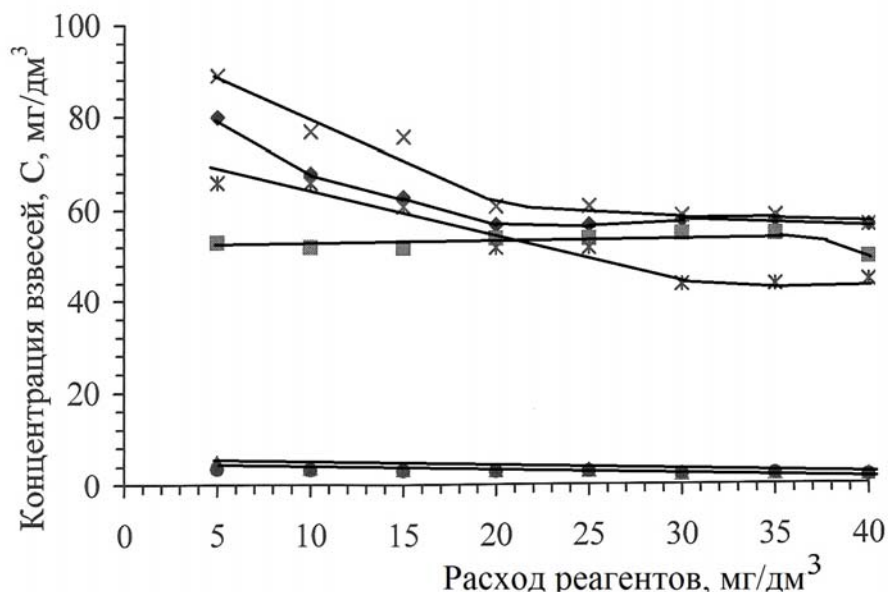
В пробе № 3 (хозбытовая сточная вода) активен хлорид железа — при введении 15 мг/дм³ степень осаждения 94,5% и всего 23,7% — при введении этого же количества железного купороса.

В табл. 6 и на рис. 5 представлены результаты химического анализа сточных вод до и после коагуляции коагулянтом ССАЖКК в сравнении с сульфатом алюминия.

Таблица 6

Концентрация взвешенных веществ в воде при различных дозах коагулянтов (время отстаивания — 30 мин)

Номер пробы	рН среды	С _{исх. ВВ} , мг/дм ³	Концентрация взвешенных веществ, мг/дм ³											
			Расход реагентов, мг/дм ³											
			ССАЖКК						Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O					
				10	15	20	30	40	5	10	15	20	30	40
1	8,67	315,6	80	68	63	57	58	57	89	77	76	61	59	57
2	7,21	106,8	53	52	52	54	55	50	66	66	61	52	44	45
3	7,53	78,6	5,0	3,9	3,5	3,2	2,3	2,2	3,7	3,4	3,2	3,0	2,4	1,93



◆ 1-ССАЖКК; ■ 2-ССАЖКК; ▲ 3-ССАЖКК; x 1-Al₂(SO₄)₃·18H₂O;
* 2-Al₂(SO₄)₃·18H₂O; ● 3-Al₂(SO₄)₃·18H₂O; 1, 2, 3 — номера проб воды

Рис. 5. Влияние расхода реагентов на концентрацию взвешенных частиц

Как видно из табл. 5, 6 и рис. 4, 5 по мере увеличения дозировки коагулянта в сточные воды (пробы 1, 2, 3) остаточные концентрации взвешенных частиц заметно снижаются. Коагулянт ССАЖКК при меньших дозировках работает лучше $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и FeCl_3 и не уступает традиционному сульфату алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

В табл. 7 приведена оптимальная доза коагулянтов для проб исследуемых сточных вод.

Таблица 7

Оптимальные расходы коагулянтов для очистки сточных вод (СВ)

Номер проб сточных вод	Расход коагулянтов, мг/дм ³			
	$\text{Fe SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	FeCl_3	ССАЖКК	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
1 — промсток до очистных сооружений	15	40	40	40
2 — промсток после очистных сооружений	5	40	20	30
3 — хозяйственная СВ	15	15	30	30

По результатам химанализа сточных вод (табл. 8, 9, 10) видно, что применение ССАЖКК не только осветляет воду от взвесей, но также снижает общую минерализацию, карбонатную жесткость, натрий-калиевое засоление.

Исследования показали, что сульфат алюминия, сульфат железа, хлорное железо, ССАЖКК ускоряют процесс осаждаемости не только взвесей, но и химической очистки воды от примесей (Zn, As, Pb, Cu, Sb и др.).

Анализ полученных данных показывает, что коагулянт ССАЖКК при правильно подобранной дозе не уступает по коагулирующим свойствам сульфату алюминия. Так, при дозе 40–30 мг/дм³ степень осаждения взвесей составляет 98%, при использовании $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ — максимально 89%.

Таблица 8

Результаты химического анализа сточных вод (проба № 1 до очистных сооружений)*

Расход коагулянта D, мг/дм ³	Взвеси, мг / дм ³ pH	Катионы, мг / дм ³ мг - экв / дм ³					Анионы, мг / дм ³ мг - экв / дм ³				Ж _{общ} сух.ост., мг - экв / дм ³ мг / дм ³	Вредные вещества, мг/дм ³					
		Na ⁺ K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃	Fe		Al	Cu	Mo	As	Zn	
		3	4	5	6												7
Исходная вода без коагулянта	2 315,6 8,67	430 18,7	67 3,5	26 2,1	276 7,7	96 2,0	-	892 14,3	10 5,5 1092	0,10	0,022	0,20	0,02	0,0103	0,002		
Коагулянт ССАЖКК, D = 20	57 7,52	457 19,8	72 3,6	23 2,0	290 8,0	120 2,5	65 1,1	836 13,7	5,6 1145	0,32	0,32	0,01	0,02	0,008	0,002		
Коагулянт Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O, D = 30	59 7,47	445 19,2	64 3,2	23 2,0	273 7,7	140 3,0	82 1,2	759 12,5	5,2 1070	0,13	0,60	0,011	0,021	-	0,002		

Примечание * В числителе и знаменателе даны значения различных показателей (столбец 2) и значения в различных единицах измерения (столбцы 3-10).

Таблица 9

Результаты химического анализа сточных вод (проба № 2 после очистных сооружений)*

Расход коагулянта D, мг/дм ³	Взвеси рН, мг / дм ³	Катионы, мг / дм ³				Анионы, мг / дм ³			Ж _{общ.} , сух.ост., мг - экв / дм ³	Вредные вещества, мг/дм ³						
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe		Al	Cu	Mo	As	Zn		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Исходная вода без коагулянта	106,8 7,21	167 7,1	64 3,2	16 1,5	269 7,5	117 2,5	110 1,8	4,5 976	0,04	0,04	0,052	0,012	0,094	0,006		
Коагулянт FeSO ₄ ·7H ₂ O; D = 5	51,0 7,3	158 6,8	63 3,2	23 1,8	271 7,5	123 2,5	110 1,7	5,2 1025	0,11	0,02	0,033	0,02	0,08	0,07		
Коагулянт FeCl ₃ ; D = 40	40,0 7,15	158 6,8	61,0 3,1	23 1,8	280 7,9	127 2,6	78 1,2	5,1 1006	0,006	0,04	0,034	0,005	0,08	0,06		
Коагулянт ССАЖКК; D = 20	53,0 7,3	157 6,8	64 3,2	21 1,7	272 7,7	129 2,7	92 1,5	5,0 1015	0,006	0,03	0,025	0,010	-	0,06		
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18 H ₂ O; D = 30	44,0	7,30	156 6,8	65 3,2	22 1,8	270 7,6	92 1,5	5,0 1012	0,004	0,06	0,031	0,002	0,098	0,05		

Примечание. * В числителе и знаменателе даны значения различных показателей (столбец 2) и значения в различных единицах измерения (столбцы 3-9).

Таблица 10

Результаты химического анализа сточных вод (проба № 3 хозяйственная)*

Расход коагулянта D, мг/дм ³	Весеси, рН мг / дм ³	Катионы, мг / дм ³ мг - экв / дм ³				Анионы, мг / дм ³ мг - экв / дм ³			Ж _{общ} , сух.ост. мг - экв / дм ³ мг / дм ³	Вредные вещества, мг/дм ³					
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃		Fe	Al	Cu	Mo	As	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Исходная вода без коагулянта	78,6 7,53	408 17,9	65 3,2	32 2,6	407 11,4	311 6,6	340 5,4	5,6 1386	0,02	0,035	0,01	0,031	0,083		
Коагулянт FeSO ₄ ·7H ₂ O; D = 5	48,0 7,75	397 17,1	65 3,3	39 3,0	410 11,4	320 6,6	327 5,1	6,2 1393	0,018	0,039	0,01	-	-		
Коагулянт FeCl ₃ ; D = 40	4,3 7,59	395 17,1	64 3,2	38 3,2	413 11,6	306 6,5	342 5,6	6,2 1389	-	0,05	0,01	0,01	0,02		
Коагулянт ССАЖКК; D = 20	3,2 7,61	418 18,3	66 3,4	39 3,2	425 12,0	341 7,1	352 5,7	6,5 1316	-	0,021	0,01	-	0,09		
Коагулянт Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O; D = 30	2,4 7,52	403 17,3	66 3,4	39 3,3	414 11,7	328 6,9	352 5,7	6,5 1371	-	-	0,01	0,007	0,067		

Примечание. * В числителе и знаменателе даны значения различных показателей (столбец 2) и значения в различных единицах измерения (столбцы 3-9).

Выводы

1. Коагулянт нового поколения ССАЖКК обладает коагулирующими способностями, работает при осветлении сточных вод, значительно ускоряя процесс осветления и не уступая по качеству очистки товарным коагулянтам (сульфату алюминия, хлорному железу).

2. Коагулянт обладает способностью умягчать воду, снижать карбонатную жесткость, натрий-калиевое засоление, обладает способностью к химической очистке воды от тяжелых и вредных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование процесса выщелачивания бокситов серной кислотой с использованием метода планирования многофакторного эксперимента / С. С. Нуркеев, У. Ш. Мусина, Л. С. Курбанова. Шестая Международная научно-техническая конференция «Новое в охране труда, защите от чрезвычайных ситуаций, экологии и валеологии». Алматы: КазНТУ. 2004. С. 194–198.

REFERENCES

1. Issledovanie protsessa vyshchelachivaniya boksitov sernoj kislotoj s ispol'zovaniem metoda planirovaniya mnogofaktornogo eksperimenta / S. S. Nurkeev, U. Sh. Musina, L. S. Kurbanova. Shestaja mezhduнародnaja nauchno-tehnicheskaja konferentsija «Novoe v ohrane truda, zashchite ot chrezvychajnyh situatsij, ekologii i valeologii». Almaty: KazNTU. 2004. S. 194–198.

*T. N. Poyarkova, G. V. Kudrina, O. G. Androsova,
A. A. Zaitsev, Yu. I. Prokofiev*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ СВОЙСТВА МЫЛА И ЕГО КОМПОНЕНТОВ

Целью работы являлось изучение влияния различных факторов на изменение жирнокислотного состава мыла для подбора оптимальных условий, при которых содержание непредельных кислот в мыле станет минимальным, а получившиеся мыла будут обладать лучшими свойствами. Работа была выполнена в три этапа: 1) выяснение влияния неорганических электролитов и неионогенных ПАВ на устойчивость эмульсии мыла для выделения из нее жировой составляющей; 2) выяснение влияния температуры, pH и времени щелочного гидролиза на изменение жирнокислотного состава мыла; 3) изучение физико-химических свойств монослоев, образованных линолевой кислотой, как пример систем, моделирующих монослой мыла.

Ключевые слова: поверхностно-активные свойства, жирнокислотный состав, мыло, неорганические электролиты, неионогенные ПАВ, линолевая кислота, эмульсии, монослой, пленки Ленгмюра — Блоджетта.

*T. Poyarkova, G. Kudrin, O. Androsov,
A. Zaitsev, Yu. Prokofiev*

Surfactant Properties of Soap Stock and its Components

The aim of this work was to study the effect of different factors on the fatty acid composition of soapstock to select the optimal conditions under which the content of unsaturated acids in the soap stock becomes minimal, and the resulting soap will have bet-