



УДК 622.765.

## Методы интенсификации процесса обезвоживания флотоконцентрата с применением флокулянтов

*Приведены результаты лабораторных исследований и промышленных испытаний интенсификации процесса обезвоживания флотоконцентрата с применением эффективных флокулянтов.*

Совершенствование технологии обезвоживания флотоконцентрата и шламов является одной из важнейших задач, решение которой позволит значительно повысить производительность вакуум-фильтров и снизить влажность кека. Наиболее «узкое» место во флотофильтровальном цикле обогатительных фабрик – своевременная и полная обработка пенного продукта.

Исследования отечественных и зарубежных ученых позволили решить многие теоретические и практические вопросы повышения эффективности механических способов обезвоживания шламовых продуктов [1 – 5]. Однако резервы интенсификации процесса обезвоживания тонких продуктов обогащения далеко не исчерпаны, особенно при использовании синтетических флокулянтов.

Для выполнения лабораторных исследований фильтруемости флотоконцентрата была наработана представительная проба флотоконцентрата (ГОФ «Самсоновская», марка Ж), гранулометрический состав которой приведен в табл. 1, содержание твердого в пробе пенного продукта составляет 200 г/л.

Как видно из табл. 1, содержание тонких частиц крупностью менее 0,063 мм в пробе питания вакуум-

фильтров составляет 48,99 % (при рекомендуемых значениях 20 – 40 % [1, 3]), что свидетельствует о сложности технологии обезвоживания флотоконцентрата и необходимости применения методов интенсификации его фильтруемости.

Поэтому практическую ценность представляет подбор оптимальных флокулянтов и режимов их использования для интенсификации обезвоживания флотоконцентрата с высоким содержанием тонких угольных частиц.

Фильтруемость флотоконцентрата исследовалась по принятой методике на лабораторном фильтровальном стенде, включающем фильтровальный элемент с вертикальной фильтрующей поверхностью, вакуум-насос, вакуумный ресивер и сборник фильтрата (рис. 1).

В качестве интенсификаторов обезвоживания флотоконцентрата использовали флокулянты Vesfloc – К 6630, К 6632, К 6641, К 6741, К 6841, К 6728, Magnafloc 525 и BRENNTAFLO A 3345.

Для определения оптимальных режимов флокуляции флотоконцентрата предварительно исследовали факторы, влияющие на процесс флокуляции: тип флокулянта; продолжительность перемешивания (0,5 – 3 мин) и расход флокулянта (от 30 до 100 г/т).

Эффективность флокуляции оценивалась по увеличению толщины осадка на фильтровальном элементе,



**О. А. МОРОЗОВ,**  
канд. техн. наук  
(ГП «УкрНИИУглеобогащение»)



**С. О. ФЕДОСЕЕВА,**  
инж.  
(ГП «УкрНИИУглеобогащение»)



**С. И. ЗАГНИЙ,**  
инж.  
(ГП «УкрНИИУглеобогащение»)



**А. Ф. НЕЧИТАЙЛО,**  
инж.  
(Инженерное предприятие «Скиф»)



Таблица 1

Класс крупности, мм	Выход, %	Зольность, %	Надситный продукт, %		Подситный продукт, %	
			Выход	Зольность	Выход	Зольность
+1,0	0,13	2,8	0,13	2,8	100,00	9,9
0,5 – 1,0	2,12	3,9	2,25	3,8	99,87	10,0
0,25 – 0,5	17,63	5,3	19,88	5,1	97,75	10,1
0,125 – 0,2	20,97	7,2	40,85	6,2	80,12	11,1
0,063 – 0,125	10,16	7,3	51,01	6,4	59,15	12,5
0,045 – 0,063	6,88	8,3	57,89	6,6	48,99	13,6
0 – 0,045	42,11	14,5	100,00	9,9	42,11	14,5
И т о г о	100,00	9,9	–	–	–	–

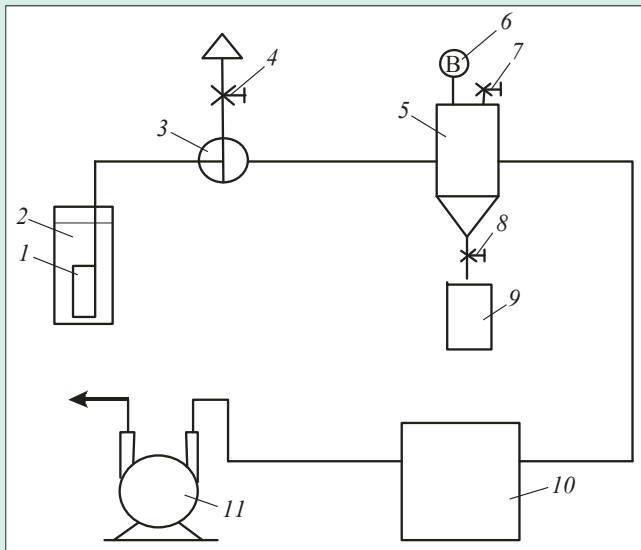


Рис. 1. Схема фильтровального стенда: 1 – фильтровальный элемент; 2 и 5 – емкости; 3 – трехходовой кран; 4 и 8 – пробковые краны; 6 – вакуум-метр; 7 – игольчатый дроссель; 9 – сборник фильтрата; 10 – вакуумный ресивер; 11 – вакуум-насос.

снижению содержания твердого в фильтрате и уменьшению влажности осадка.

Продолжительность перемешивания пенного продукта с флокулянтom влияет на эффективность флокуляции (рис. 2), и оптимальным можно считать время перемешивания  $\tau$ , равное 1 мин.

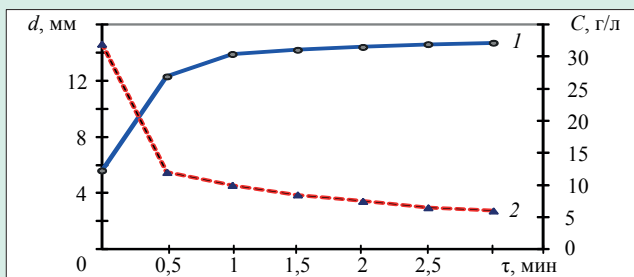


Рис. 2. Влияние продолжительности  $\tau$  перемешивания пенного продукта с флокулянтom на эффективность флокуляции: 1 – толщина осадка  $d$ ; 2 – содержание твердого в фильтрате  $C$ .

Дальнейшие исследования проводили в случае изменения расхода различных марок флокулянта при постоянной продолжительности перемешивания пенного продукта с флокулянтom – 1 мин.

Результаты исследований приведены в табл. 2 (содержание твердого во флотоконцентрате 200 г/л, концентрация рабочего раствора флокулянтов 0,05 %). Из представленных данных можно сделать вывод, что флотоконцентрат, отобранный на фабрике, фильтровался в лабораторных условиях на стенде также неэффективно, как и на вакуум-фильтрах фильтровального отделения фабрики. Толщина осадка на фильтровальном элементе составила в среднем 5,6 мм, влажность 34,4 %, содержание твердого в фильтрате 32 г/л.

При обработке флотоконцентрата флокулянтами и дальнейшем его фильтровании толщина осадка увеличилась в 1,3 – 3,2 раза в зависимости от марки и расхода флокулянтов. Повышение расхода флокулянтов с 30 до 100 г/т не приводит к значительному увеличению толщины осадка (в 1,1 – 1,7 раза).

Наибольшую эффективность по отношению к исследуемому флотоконцентрату проявили флокулянты BRENNTAFLO A 3345, Vesfloc K 6630 и Vesfloc K 6632. Видно, что для достижения оптимальных показателей фильтруемости достаточно обеспечивать расход флокулянтов в интервале 30 – 50 г/т. При этом толщина осадка на фильтровальном элементе увеличилась в 2,4 – 2,8 раза (с 5,6 до 13,7 – 15,6 мм), содержание твердого в фильтрате снизилось в 2,9 – 3,2 раза и достигло 10 – 11 г/л, а влажность кека уменьшилась на 2 – 3,4 %.

Промышленные испытания методов интенсификации обезвоживания флотоконцентрата проводились в фильтровальном отделении ГОФ «Самсоновская»\* при установленном режиме работы фабрики под нагрузкой, во время которых была использована станция приготовления и дозирования флокулянта производства инженерного предприятия «Скиф» (рис. 3).

\* Выражаем благодарность руководству и коллективу фабрики за оказанную помощь при проведении промышленных испытаний.



Таблица 2

Флокулянт	Расход флокулянта, г/т	Кек			Содержание твердого в фильтрате, г/л	Удельная нагрузка, кг/(ч·м <sup>2</sup> )	Расчетная производительность вакуум-фильтра, т/ч
		Выход, %	Влага, %	Толщина осадка, мм			
Без флокулянта	0	83,8	34,4	5,6	32	128,24	10,3
Besfloc K 6630	30	93,8	33,2	9,6	12	219,84	17,6
	50	94,2	32,4	13,9	10	318,31	25,5
	100	97,5	31,6	16,5	6	377,85	30,2
Besfloc K 6632	30	91,5	32,0	12,1	17	277,09	22,2
	50	94,1	31,0	13,7	11	313,73	25,1
	100	96,0	30,0	14,3	8	327,47	26,2
Besfloc K 6641	30	95,5	30,9	10,4	9,0	238,16	19,0
	50	96,4	33,6	12,3	7,3	281,67	22,5
	100	96,5	31,4	13,5	7,0	309,15	24,7
Besfloc K 6728	30	95,3	30,1	12,4	9,0	283,96	22,7
	50	95,6	32,0	13,0	7,0	297,7	23,8
	100	96,5	32,7	13,3	6,0	304,51	24,4
Besfloc K 6741	30	92,7	32,5	7,8	14,5	178,62	14,3
	50	93,4	31,5	11,3	13,2	258,77	20,7
Besfloc K 6841	30	91,7	34,0	7,0	16,5	160,3	12,8
	50	92,5	31,9	8,6	15,0	196,94	15,7
MAGNAFLOC 525	30	91,0	32,0	7,5	18,0	171,75	13,7
	50	92,0	31,6	8,8	16,0	201,52	16,1
	100	92,5	30,5	9,5	15,0	217,55	17,4
BRENTAFLOR A 3345	30	92,9	32,8	11,7	14	267,93	21,5
	50	94,1	31,9	15,6	11	357,24	28,7
	100	96,5	30,6	17,9	7	409,91	32,9

Таблица 3

Номер опробования	Масса пробы кека, кг	Нагрузка на вакуум-фильтр № 7, т/ч	Количество работающих вакуум-фильтров	Влажность кека, %	Расход флокулянта, г/т	Вакуум, МПа
<i>Без флокулянта</i>						
1	5,148	12	4	26,5	0	0,056
2	4,220			25,6		
3	4,528			26,4		
Среднее значение	4,632	12	4	26,2	0	0,056
<i>Флокулянт BRENTAFLOR A 3345</i>						
4	11,099	28,8	3	24,6	25	0,053
5	14,163	36,7	3	25,1	22	0,057
6	15,709	40,7	3	24,9	16	0,056
7	14,174	36,7	3	24,8	16	0,059
8	12,847	33,3	3	25,7	21	0,058
Среднее значение	13,598	35,2	3	25,0	20	0,057
<i>Флокулянт Besfloc K 6632</i>						
9	8,729	22,6	4	24,9	39	0,053
10	9,729	25,2	4	24,8	17	0,053
11	6,584	17,1	4	25,2	36	0,043
12	8,538	22,1	4	25,1	30	0,054
13	7,425	19,2	3	23,5	30	0,051
Среднее значение	8,201	21,2	4	24,7	30	0,051



Таблица 4

Номер опробования	Содержание твердого, г/л		Нагрузка на фильтровальное отделение		Масса пробы кека, кг, для вакуум-фильтра			Влажность/зольность кека, %	Расход флокулянта, г/т
	во флотоконцентрате	в фильтрате	м <sup>3</sup> /ч	т/ч	№ 1	№ 4	№ 7		
<i>Без флокулянта</i>									
1	240	115	330	79,2	7,277	6,002	7,277	24,0/8,4	0
2					6,557	7,262	7,973	23,8/8,4	
3					7,667	5,908	8,032	23,6/8,2	
Среднее значение	240	115	330	79,2	7,167	6,390	7,760	23,8/8,3	0
<i>Флокулянт BRENNTAFLO A 3345</i>									
4	200	42	400	80	9,003	11,223	17,050	19,1/9,6	37
5					16,094	17,533	21,933	25,6/9,7	35
6					11,997	14,110	25,013	25,8/9,7	31
Среднее значение	200	42	400	80	12,365	14,289	21,332	23,2/9,6	34
<i>Флокулянт Besfloc K 6630</i>									
7	180	33	460	82,8	7,963	7,538	8,517	24,4/10,3	36
8					8,411	7,954	11,966	26,8/9,9	43
Среднее значение	180	33	460	82,8	8,187	7,746	10,242	25,6/10,1	40
<i>Флокулянт Besfloc K 6632</i>									
9	170	40	485	82,5	7,926	8,386	10,378	27,4/9,8	44
10					8,318	9,454	8,524	25,6/9,7	41
Среднее значение	170	40	485	82,5	8,122	8,920	9,451	24,5/9,8	43

Примечание. Общий вакуум в системе 0,06 МПа.



Рис. 3. Установка по приготовлению и подаче флокулянта.

Станция предназначена для получения водных растворов флокулянтов из гранулированного порошка. Резервуар станции состоит из двух камер с рабочим объемом по 1000 л каждая: камеры растворения, снабженной перемешивающим устройством, и камеры отбора. Камеры соединены одна с другой в единую гидравлическую систему. Для приготовления готового раствора в камеру растворения вводится заданный объем воды и расчетное количество флокулянта в зависимости от требуемой концентрации. Готовый раствор флокулянта дозирующим насосом подается в смеситель, куда одновременно поступает техническая вода для разбавления, количество которой фиксируется по счетчику. Приготовленный таким образом рабочий раствор флокулянта концентрацией 0,01 – 0,05 % направляется по пластиковому трубопроводу для смешивания с флотоконцентратом.

Изменение производительности вакуум-фильтров оценивалось косвенно путем определения суммарной массы пробы кека, отобранного специальным лотком поочередно из каждого междискового пространства фильтров во время процесса отдувки.

Промышленные испытания режимов обезвоживания флотоконцентрата проводились в два этапа. На первом этапе в качестве объекта исследования был выбран вакуум-фильтр № 7 «Украина-80». Рабочий раствор фло-



кулянтов подавался в трубопровод питания вакуум-фильтра. Результаты промышленных испытаний представлены в табл. 3. Анализ их позволяет отметить следующее.

Содержание твердого во флотоконцентрате составляло 250 г/л, нагрузка на фильтровальное отделение – 230 м<sup>3</sup>/ч, или 57,5 т/ч. Без применения флокулянтов (опробования № 1 – 3) всего работало четыре вакуум-фильтра, нагрузка на вакуум-фильтр № 7 составила 12 т/ч, общий вакуум в системе 0,056 МПа. В этих условиях средняя масса пробы кека составила 4,632 кг, а среднее значение его влажности – 26,2 %.

При работе с применением флокулянта BRENNTAFLO A 3345 (опробования № 4 – 8) средняя масса пробы кека увеличилась в 2,94 раза (с 4,632 до 13,598 кг). Таким образом, применение флокулянта BRENNTAFLO A 3345 в количестве 20 г/т позволило увеличить нагрузку на вакуум-фильтр № 7 в 2,94 раза. Количество работающих вакуум-фильтров было уменьшено с 4 до 3 шт. Общий вакуум в системе сохранялся достаточно высоким и изменялся в среднем от 0,053 до 0,059 МПа. В этих условиях среднее значение влажности кека снизилось на 1,2 % (с 26,2 до 25 %).

Применение флокулянта Besfloc K 6632 в качестве интенсификатора процесса обезвоживания флотоконцентрата позволило увеличить среднюю массу пробы кека в 1,77 раза (с 4,632 до 8,201 кг) при снижении его влажности на 1,5 % (с 26,2 до 24,7 %). Среднее значение расхода флокулянта составило 30 г/т.

Второй этап испытаний предусматривал подачу флокулянтов одновременно на все работающие вакуум-фильтры. Результаты испытаний приведены в табл. 4, из которой следует, что максимальная эффективность обезвоживания флотоконцентрата обеспечивается в случае использования флокулянта BRENNTAFLO A 3345 как интенсификатора процесса обезвоживания флотоконцентрата, что дает возможность увеличить среднюю массу пробы кека для вакуум-фильтра № 1 в 1,7 раза (с 7,167 до 12,365 кг), для вакуум-фильтра № 4 – в 2,2 раза (с 6,390 до 14,289 кг) и для вакуум-фильтра № 7 – в 2,7 раза (с 7,760 до 21,332 кг). Среднее значение влажности кека при этом уменьшилось на 0,6 % (с 23,8 до 23,2 %). Максимальное снижение влажности кека достигнуто в опробовании № 4 и составляет 4,7 %. Расход флокулянта изменялся в интервале от 31 до 37 г/т при среднем значении 34 г/т, концентрация рабочего раствора флокулянта составляла 0,05 %. Содержание твердого в фильтрате снизилось со 115 до 40 г/л, что свидетельствует об увеличении количества улавливаемого тонкозернистого шлама в товарный продукт фабрики.

Применение в качестве интенсификаторов обезвоживания флотоконцентрата флокулянтов Besfloc K 6630 и Besfloc K 6632 также позволило повысить эффективность обезвоживания флотоконцентрата, но в меньшей степени, чем использование флокулянта BRENNTAFLO A 3345.

**Выводы.** На лабораторном стенде выполнены исследования фильтруемости флотоконцентрата ГОФ «Самсоновская», предварительно обработанного различными синтетическими флокулянтами. Исследованы и разработаны оптимальные режимы фильтрования флотоконцентрата, которые дают возможность интенсифицировать процесс его обезвоживания.

Результаты лабораторных исследований показали, что обработка питания вакуум-фильтров специально подобранными флокулянтами BRENNTAFLO A 3345, Besfloc K 6630 и Besfloc K 6632 позволяет увеличить толщину осадка на фильтровальном элементе в 2,4 – 2,8 раза при снижении содержания твердого в фильтрате в 3 раза и уменьшении влажности осадка на 2 – 3 %.

В результате промышленных испытаний установлено, что максимальная интенсификация работы оборудования, обезвоживающего флотоконцентрат, обеспечивается в случае применения флокулянта BRENNTAFLO A 3345. Использование его в качестве интенсификатора процесса обезвоживания флотоконцентрата в количестве до 35 г/т позволяет увеличить расчетную производительность вакуум-фильтров в 1,7 – 2,3 раза при одновременном снижении влажности кека на 0,6 %. Содержание твердого в фильтрате снижается при этом со 115 до 40 г/л, что свидетельствует об увеличении улавливания тонкозернистого шлама в товарный продукт фабрики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пигоров Г. С. О фильтруемости флотационного концентрата и отходов флотации / Г. С. Пигоров, Э. И. Мучник, Е. Я. Беккер // Кокс и Химия. – 1977. – № 12. – С. 9 – 11.
2. Бубнов А. П. Вещественный состав и структура класса 0 – 0,05 мм шламов обогатительных фабрик Донбасса / А. П. Бубнов // Техника и технология обогащения углей: тр. УкрНИИОбогащения. – М.: Недра, 1965. – С. 20 – 28.
3. Бейлин М. И. Теоретические основы процессов обезвоживания углей / М. И. Бейлин. – М.: Недра, 1969. – С. 240.
4. Фоменко Т. Г. Водно-шламовое хозяйство углеобогатительных фабрик / Т. Г. Фоменко, В. С. Бутовецкий, Е. М. Погарцева. – М.: Недра, 1974. – С. 272.
5. Борц М. А. О вакуумном фильтровании угольного флотационного концентрата / М. А. Борц, М. В. Петренко. – Уголь. – 1982. – № 3. – С. 54 – 59.