

### Список использованных источников

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь № 1838 от 17 декабря 2010 г.
2. ТКП 45-3.04-299-2014 (02250). Малые ГЭС. Правила проектирования / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь: Минск 2014, с. 6-9.

УДК 628.316:628.16.081

**Н. Б. Абжамиева**

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК МЕТОДОМ УЛЬТРАФЛОКУЛЯЦИИ

**Аннотация.** Представлены результаты лабораторных исследований влияния ультрафлокулярной обработки на эффективность процесса извлечения тонкодисперсного угля из хвостов обогащения образующихся на ОФ "Саранская" (Караганда). Все эксперименты проводились с помощью оригинального прибора "УльтрафлокТестер", разработанного фирмой "Турбофлотсервис", содержащего минифлокулятор, а также оптоэлектронную измерительную систему определения эффективности флокуляции по среднему размеру флокул и степени осветления воды. С помощью упомянутого прибора можно было не только определять оптимальный тип и дозировку флокулянта, но и оптимальный режим гидродинамической обработки конкретной суспензии. Все образцы отбирались из реальных потоков и исследовались в течение 30-40 минут.

**Ключевые слова:** угольный флотоконцентрат, ультрафлокуляция, гущение, обезвоживание, градиент скорости среды.

Обогатительные фабрики при переработке полезных ископаемых оказывают негативное влияние на состояние окружающей природной среды. Это всевозможные сливы обезвоживающих, обесшламливающих, промывочных аппаратов и хвосты обогащения. В сточных водах обогатительных фабрик присутствуют твердые частицы, ионы тяжелых металлов, органические вещества. Неочищенные сточные воды, содержат примеси и реагенты, которые попадая в водоемы, нарушают экосистему. На обогатительных фабриках применяются следующие методы очистки сточных вод от вредных примесей: механические, химические, физикохимические и биохимические способы.

При мокром обогащении углей очистка техногенных вод является весьма важной проблемой, решение которой позволит повторно использовать очищенную воду в технологическом процессе и тем самым резко сократить потребление речной воды. Обычно, сточные, а иногда и шламовые воды угольных обогатительных фабрик (УОФ) сбрасываются в гидроотвалы, что приводит к потере угля и к загрязнению земли, воды, воздуха. Необходимость осуществления природоохранных мероприятий заставляет применять технологические схемы обогащения, в которых основную роль играют не обогатительные процессы, а операции, связанные с водно-шламовым хозяйством. Это отвлекает на себя основную часть капиталовложений, эксплуатационных и трудовых затрат. Поэтому совершенствование технологии очистки шламовых вод позволит улучшить технико-экономические и экологические показатели работы углеобогатительных фабрик.

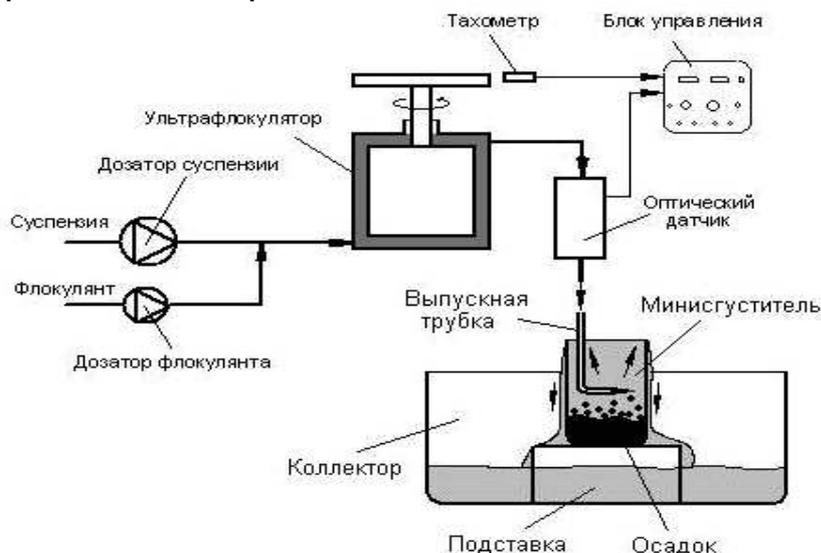
Очистка воды от глинистых тонкодисперсных частиц представляет значительную трудность, так как глинистые частицы в водной среде имеют отрицательный заряд, который препятствует их сближению и образованию агрегатов [1, 2]. Поверхностный заряд частиц характеризуется величиной электрокинетического потенциала ( $\zeta$ ). Если  $\zeta$  меньше некоторого критического значения, происходит флокуляция частиц, их осаждение и осветление суспензии. Если же  $\zeta$  превышает критическое значение, то в осадок выпадают только наиболее крупные частицы. Поэтому необходимо снизить величину заряда частиц дисперсной фазы или изменить структуру и состав адсорбционно-сольватного слоя на их поверхности. Электростатические силы, обуславливающие устойчивость суспензии, влияют на эффективность адсорбции флокулянта на поверхности частиц.

Эффективное использование высокомолекулярных водорастворимых полимеров (флокулянтов) для сепарации и обезвоживания продуктов углеобогащения невозможно без оптимизации гидродинамического режима обработки флокулируемой суспензии. Теоретические и экспериментальные исследования в этой области, проведенные в последние два десятилетия [3,4], показали, что правильный выбор гидродинамического режима обработки суспензий позволяет существенно снизить расход флокулянта (на 50-70%), а также улучшить седиментационные и фильтрационные свойства флокул, что фактически равноценно увеличению производительности сгустителей и фильтров (в 1,5-2,5 раза).

Полагая, что материнская зольность угля составляет 6 %, после подстановки вышеприведенных данных относительно  $A_0^d, A_1^d, c_0$  и  $c_1$  для

степени извлечения, имеющей место на ОФ "Саранская", получим:  $R = 65,4 - 67,2\%$ . Если учесть, что питание сгустителя, рассчитано на поток  $1295 \text{ м}^3/\text{ч}$  и содержит  $17,6-19,4 \text{ кг}/\text{м}^3$  угля, простыми расчетами получим, что потери угля за 1 год могут составить  $63,2 - 71,7$  тыс. тонн, т.е.  $0,9 - 1,1\%$  от плановой добычи в  $5,5$  млн. тонн/год.

Для моделирования процесса ультрафлокуляции и последующего отделения угля седиментацией, исследуемые образцы хвостов обрабатывались с помощью прибора "УльтрафлокТестера" по схеме, приведенной на рис. 1.



**Рис. 1 - Схема лабораторной обработки образцов питания сгустителя**

Образец суспензии смешивался с раствором флокулянта N-300 и непрерывно прокачивался через ультрафлокулятор, где он обрабатывался в течение  $6$  с. С выхода ультрафлокулятора образец подавался через оптический датчик в мини-сгуститель по выпускной трубке. Из мини-сгустителя, где осуществлялась гравитационная сепарация сфлокулированных частиц угля, суспензия переливалась в коллектор. Изменяя расход флокулянта можно было менять его дозировку, а изменяя скорость вращения ротора ультрафлокулятора можно было менять интенсивность гидродинамической обработки (осредненный градиент скорости среды). С помощью оптического датчика измерялись флуктуации прозрачности потока суспензии и степень ее осветления. Сигнал от оптического датчика обрабатывался и высвечивался на цифровом табло прибора, показывая средние размеры флокул, сформированных в ультрафлокуляторе, в относительных единицах. Осадок, собранный в мини-сгустителе после пропускания через прибор одного литра суспензии, отфильтровывался

на сетке, высушивался и взвешивался. Затем определялась его зольность.

В таблице 1 представлены данные относительно степени извлечения угольного концентрата в мини сгустителе при оптимальном режиме гидродинамической обработки (6 секунд,  $G = 930 \text{ с}^{-1}$ ) и дозировке флокулянта N-300 –24г/т. Для сравнения там же представлены результаты сепарации образца питания сгустителя, который проходил гидродинамическую обработку не в ультрафлокуляторе, а в трубчатом статическом миксере (ПВХ-трубка:  $\varnothing 5 \text{ мм}$ , длина 50 см, время движения 12 с). В качестве минисгустителя использовались стаканчики различного сечения, скорости восходящих потоков в которых составляли: 0,37; 0,58 и 0,81 мм/с. Степень извлечения угля рассчитывалась по формуле (1) в которой полагалось, что  $a$ –материнская зольность угля, примерно равна 0,06. Из приведенных в таблице данных следует, что использование ультрафлокулярной обработки в течение 6 секунд при дозе флокулянта 24 г/т (т.е. в 2,3-3,4 раза меньше, чем та, что применяется на ОФ"Саранская") из хвостов удается извлечь, примерно, 83-85% угля. При этом зольность концентрата почти в 1,43-1,79 раза меньше, чем та, что реально достигается на ОФ "Саранская". Из таблицы также следует, что скорость седиментации флокул угля значительно больше, чем 0,8 мм/с, что позволяет вместо огромного радиального сгустителя площадью 500 м<sup>2</sup> использовать относительно небольшой ламелярный сгуститель, занимающий площадь, равную, примерно, 30 м<sup>2</sup>. Значительно больший экономический эффект можно получить от дополнительного извлечения угля. Поскольку использование ультрафлокулярной технологии позволяет извлекать из хвостов до 85,6% угля (см. таблицу 1). Очевидно, что при увеличении объема перерабатываемых хвостов доход от использования УФК-технологии пропорционально возрастет.

**Таблица 1 - Зависимость эффективности флокулярно-седиментационного извлечения угля от скорости противотока среды (характеристической скорости проточного вертикального минисгустителя)**

Скорость противотока, мм/с	0,37	0,58	0,81
Ультрафлокулярная обработка:			
Плотность осадка, г/л	15/11,	15,4/11,4	15,2/11,9
зольность, %	2		
Извлечение, %	83,6	85,6	84,1
Обработка в трубчатом миксере:			
Плотность осадка, г/л	11,2/1	8,8/9,1	6,8/9,9

/зольность, %	1,4		
Извлечение, % (при $a = 6\%$ )	62,3	50,2	38,5

Образец: Плотность – 25 г/л. Входная зольность – 36,3 %. Расход флокулянта – 24 г/т. Время обработки во флокуляторе – 6 с, градиент скорости среды – 930 с<sup>-1</sup>. Количество обработанной суспензии – 1 л при каждом измерении. Условия обработки в статическом миксере: ПВХ – трубка:  $\varnothing 5$  мм, длина 50 см, время движения 12 с. Материнская зольность – 6%.

Таким образом, можно было оценить, какая часть угля может быть извлечена из образца при данном режиме обработки. Изменяя диаметр минисгустителя, в качестве которого использовался стеклянный стаканчик, можно было менять скорость восходящего потока воды, выносившего флокулы угля и другие взвешенные частицы, скорость седиментации которых была меньше, чем у него. Приведенные данные относительно размера флокул хорошо согласуются также с данными по степени осветления, что флокулянт N-300 дает значительно более высокую степень осветления, чем другие флокулянты. Последнее свидетельствует о том, что флокулянт N-300 обеспечивает более полное агрегирование частиц угля во флокулы, чем другие флокулянты.

### Список использованных источников

1. Байченко А. А., Байченко Ал. А., Дудкина Л. М., Митина Н. С. Использование измерений дзета-потенциала для изучения гидратированности частиц дисперсных систем // Интенсификация процессов обогащения полезных ископаемых. Новосибирск: СО АН СССР. 1982. С. 29-34.
2. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства, получение, применение. // Л.: Химия. 1987. 208 С.
3. Rulyov N.N. “Application of ultra-flocculation and turbulent micro-flotation to the removal of fine contaminants from water”, Colloids & Surfaces A, Vol. 151, 1999a, 283-291.
4. Rulyov N.N. “Hydrodynamic destruction of waste emulsions in the process of their separation through ultra-flocculation and micro-flotation”, Colloids & Surfaces A, Vol. 152, 1999b, 11-15.