МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ОБОГАЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ
"ИОТТ"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

ЛЮБЕРЦЫ
1990

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ОБОГАЩЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ
"ИОТТ"

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Люберцы, 1990 г.

Борц М.А., Бочков Ю.Н., Рябченко А.Н.

Рекомендации по применению синтетических полимерных флокулянтов на углеобогатительных фабриках. Люберцы. Издание Института обогащения твердых горючих ископаемых Минуглепрома СССР, 1990 г., с.118.

В первом разделе рекомендаций излагается в краткой форме теория действия полимерных флокулянтов при осветлении и обезвоживании угольных и глинисто-угольных водных суспензий.

В последующих (2-8-й) разделах приведены подробные физико-химические характеристики флокулянтов, выпускаемых в СССР и за рубежом; даны развернутые практические рекомендации по выбору флокулянтов для различных водно-шламовых процессов и технологии их использования. Отдельно рассмотрены вопросы растворения флокулянтов, их смешивания с суспензией.

Изложены методические указания по лабораторным испытаниям флокулянтов.

Рекомендации содержат также сведения относительно транспортирования и хранения флокулянтов, техники безопасности и экономике их использования на углеобогатительных фабриках.

Рассмотрены возможные технологические следствия, могущие возникать в связи с наличием флокулянтов в водно-шламовой системе ОФ.

Материал предназначается для ИТР и обслуживающего персонала углеобогатительных фабрик. Рекомендации могут быть использованы также специалистами научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов системы Минуглепрома СССР.

Ил. 22, таблиц 19, библиография содержит 23 наименования.

В В Е Д Е Н И Е

В современной технологии обогащения угля синтетические полимерные флокулянты используются главным образом для сгущения суспензий отходов флотации и илистых шламов с одновременным глубоким осветлением жидкой фазы, возвращаемой в производственный цикл углеобогатительной фабрики (ОФ) в качестве составляющей части общего потока оборотной воды. С помощью флокулянтов интенсифицируются также процессы сгущения и обезвоживания высокодисперсных продуктов обогащения со сравнительно большим содержанием органического вещества (шламов).

В результате применения флокулянтов снижается содержание твердого в оборотной воде и, как следствие, - улучшаются показатели гравитационных и флотационных процессов обогащения угля.

В развитых зарубежных странах (США, ФРГ, Япония, Великобритания) выпускаются десятки различных флокулянтов со спектром характеристик, рассчитанных на интенсификацию операций сгущения и обезвоживания суспензий и очистки оборотных и сточных вод различных производств. Большая часть флокулянтов выпускается зарубежными химическими фирмами в виде быстрорастворимых высокодисперсных порошков с содержанием основного вещества порядка 98-100%.

Перечень флокулянтов, поставляемых отечественной химической промышленностью (ПО "Хлорвинил" в г.Калуш, Брянский фосфоритный завод, Березниковский химкомбинат, производство в г.Дзержинске Горьковской обл., расположенное там же ПО "Оргстекло" и др.) предприятиям Минуглепрома СССР, ограничен в основном полиакриламидом, выпускаемым в виде геля с содержанием основного вещества 6-8% и гранулированным анионактивным флокулянтом "Метас", синтезируемым

на основе метакриловой кислоты. Содержание основного вещества в "Метасе" не превышает 65%. Вязкая, зачастую клееподобная консистенция полиакриламида-геля затрудняет извлечение его из заводской упаковки, диспергацию и растворение, требующее нескольких часов. Также медленно растворяется "Метас". Оба флокулянта гидролизуются и растворяются с применением щелочи, что дополнительно усложняет трудоемкую, плохо поддающуюся механизации операцию приготовления растворов. Но и такие флокулянты, со свойствами не в полной мере удовлетворяющими требованиям технологии обработки илистых и шламовых суспензий, поставляются угольной промышленности в количествах, не более 50-60% от имеющейся потребности. Качественное несоответствие и дефицит флокулянтов сдерживают применение их на значительной части ОФ и развитие некоторых прогрессивных методов осветления и обезвоживания глинисто-угольных суспензий (например, центробежно-флокуляционного способа обработки отходов флотации и стадиальной их флокуляции в гидроциклонах), испытанных в свое время в промышленных условиях.

Дефицит отечественных флокулянтов частично восполняется импортными поставками. Поэтому в "Рекомендациях" даются подробные сведения о флокулянтах, выпускаемых рядом зарубежных фирм.

В последние годы Саратовским филиалом НИИполимеров синтезировано несколько марок порошкообразного флокулянта серии "АК-629" на основе амида акриловой кислоты, в том числе с характеристиками, рекомендованными ИОТТ на основании предварительных лабораторных опытов.

Проведенные в 1989 г. на ЦОФ "Киевская" ПО "Донецкуглеобогащение" промышленные испытания подтвердили высокую технологичность полимеров серии "АК", являющихся по сути дела первыми отечествен-

ными порошкообразными высокомолекулярными флокулянтами с отработанной технологией промышленного синтеза.

Возможные масштабы применения флокулянтов для повышения качества оборотного водоснабжения в углеобогащении видны из того, что только в 1989 г. на ОФ Минуглепрома СССР было переработано 321,04 млн.т угля, в том числе 304,34 млн.т "мокрыми" методами. При среднем расходе воды 3 $м^3/т$ обогащаемого угля суммарный объем оборотной воды, которую необходимо очистить от механических примесей и вернуть в технологическую систему, составляет 913 млн.$м^3$ в год.

Технология применения флокулянтов имеет свою специфику, пренебрежение которой снижает, а иногда делает практически неощутимым эффект интенсификации флокулянтами водно-шламовых процессов. В этом случае бесцельно расходуются средства, труд обслуживающего персонала и дефицитные материалы.

Предлагаемые "Рекомендации по применению полимерных флокулянтов на углеобогатительных фабриках" содержат наиболее важные современные сведения по теории и практике флокуляции и предназначены для использования в повседневной практике персоналом углеобогатительных фабрик. Рекомендации могут быть полезны, как полагают авторы, также специалистам научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов Минуглепрома СССР.

I. СТРОЕНИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ [I-II]

По своей химической структуре молекулы флокулянтов представляют собой углеводородные цепи с боковыми, так называемыми функциональными группами, которыми они закрепляются на поверхности флокулируемых коллоидов или частиц суспензии. Одним из вероятных механизмов, схематически представленным на рис.I.I, может быть закрепление концов нитевидной полимерной молекулы одновременно на двух твердых частицах [5].

Возможен также механизм возникновения флокул, при котором полимер закрепляется своими промежуточными функциональными группами одновременно в нескольких точках твердой поверхности. Посредством возникающих при этом выступов (петель) со свободными функциональными группами, обращенными в сторону жидкой фазы, такая макромолекула адсорбируется сразу на нескольких, оказавшихся на достаточно малом расстоянии твердых частицах (рис.I.2).

Вероятность преобладания того или иного механизма обусловлена сочетанием многих факторов, характеризующих адсорбент, адсорбат и жидкую фазу, в которой находится флокулируемая взвесь.

Факторы, влияющие на процесс флокуляции, в принципе могут быть классифицированы на три группы [6]:

а. Связанные с полимером:

- Тип полимера.
- Дозировка и концентрация растворов полимеров.

б. Связанные с обрабатываемой суспензией:

- Концентрация водородных ионов pH.
- Электростатические силы.
- Концентрация твердого.
- Тип твердых частиц.

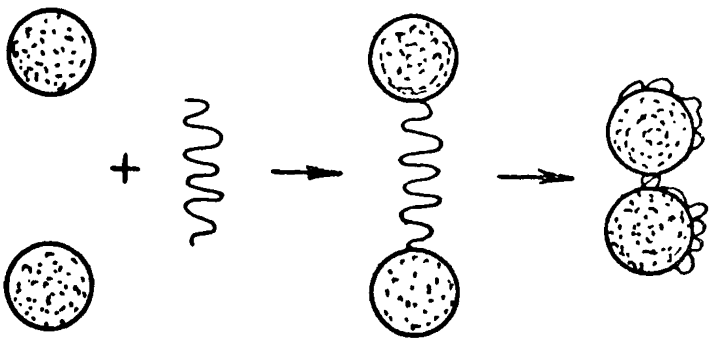


Рис.I.I. Полимер адсорбируется концевыми группами на двух частицах

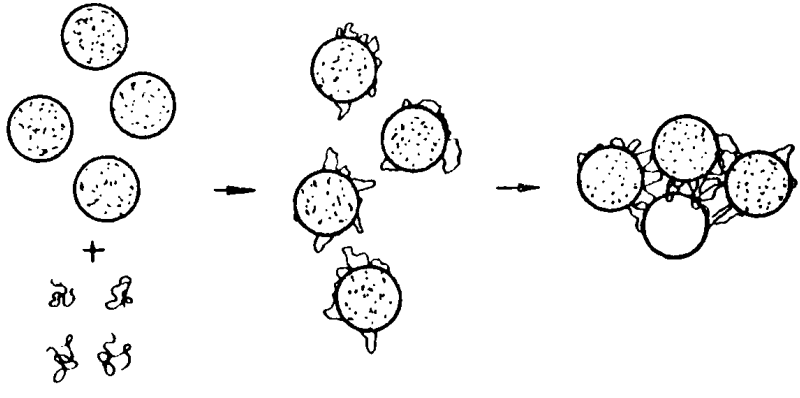


Рис.I.2. Полимер адсорбируется на частицах в нескольких точках

в. Связанные с условиями применения:

- Температура.
- Режим смешивания флокулянта с суспензией.
- Механическое оборудование для растворения флокулянта и обработки суспензии.

Возникающие агрегаты-флокулы, скрепленные механическими связями-мостиками[I)], седиментируют в десятки и сотни раз быстрее отдельных частиц, образуя осветленный слой воды. Накапливающиеся при этом осадки имеют структуру, способствующую повышению скорости фильтрования.

Зависимость скорости седиментации частиц от их размеров может быть иллюстрирована данными таблицы I.I, приведенной в работе [6].

Таблица I.I

Диаметр частиц, мм	Типичные примеры	Время, требующееся для оседания на глубину 30 см
I0,0	Гравий	0,3 с
I,0	Крупнозернистый песок	3,0 с
0,I	Мелкозернистый песок	38,0 с
0,0I	Алеврит	33,0 мин
0,00I	Бактерии	35,0 час
0,000I	Глина	230,0 дней
0,0000I	Коллоидные частицы	63 года

В твердом виде полимерные флокулянты аморфны или имеют кристаллическую структуру. Большинство таких соединений не имеют опреде-

---

I) Отсюда название рассматриваемого процесса: "мостиковая флокуляция".

ленной температуры плавления, а при нагреве постепенно размягчается и разлагается на смолистые вещества с меньшей молекулярной массой.

Полимерные макромолекулы разрушаются при измельчении, продавливании вязких растворов через мелкие отверстия, перемешивании при растворении, под воздействием различных химических реагентов.

Как показали исследования [7], полиакриламид - один из самых распространенных флокулянтов - в твердом виде имеет кристаллическую структуру. Полиакриламид термически устойчив при нагревании до 120-130°, при более высших температурах деструктирует с выделением аммиака.

В зависимости от природы функциональных групп, в частности от характера их диссоциации в воде и возникающего при этом заряда макроиона, флокулянты делятся на анионактивные, катионактивные и неионогенные.

Для анионных и катионных полимеров характерна относительно вытянутая, т.н. фибриллярная форма, возникающая благодаря отталкиванию близко расположенных функциональных групп, несущих одноименные электрические заряды [6].

Макромолекулы в растворе имеют форму диффузного клубка или относительно вытянутой нити.

Полимерные цепочки окружены гидратной оболочкой, в которой молекулярные диполи воды ориентированы в соответствии с электрическим зарядом функциональных групп. Эта способность водорастворимых полимеров связывать воду накладывает определенные ограничения на результаты их использования в операциях сгущения и обезвоживания шламов.

Молекулярная масса различных флокулянтов колеблется от $(5\div10)\cdot10^4$ до $(10\div14)\cdot10^6$. Соединения с молекулярной массой выше

10^6 относят к высокомолекулярным, 10^6-10^5 - среднемолекулярным и менее 10^5 - к низкомолекулярным.

Следует отметить, что понятие о молекулярной массе полимерных флокулянтов в значительной степени являтся условным и характеризует лишь среднюю величину данного показателя. На рис.I.3 показаны кривые молекулярно-массового распределения фракций в составе двух флокулянтов с примерно равной молекулярной массой. Фракций со средней для данных соединений молекулярной массой во флокулянте В содержится в два с лишним раза больше, чем во флокулянте А. Например, среднемассовая молекулярная масса полиакриламида в зависимости от условий его полимеризации колеблется в пределах $1 \cdot 10^6$-$6 \cdot 10^6$.

Размеры макромолекул, зависящие от их молекулярной массы и конфигурации полимерных нитей в растворе наряду с зарядом функциональных групп и свойствами поверхности твердых частиц, на которых происходит адсорбция, определяют в значительной степени технологическую активность флокулянтов и типы их связей с поверхностью флокулируемых частиц. Можно выделить три типа связей, возникающих при адсорбции полимеров на твердых частицах: электростатические, водородные и ковалентные.

В процессе адсорбции могут возникать одновременно различные типы связей.

Электростатическая связь доминирует у полимеров с большим количеством заряженных функциональных групп, или, иначе говоря, с большой плотностью заряда и осуществляется либо непосредственно с поверхностью частиц, если гидратный слой у поверхности отсутствует или недостаточно развит и поэтому взаимодействие между функциональными группами и поверхностью частиц сильнее взаимодействия между поверхностью и ионами, расположенными в гидратной оболочке, либо



Рис.I.3. Молекулярно-массовое распределение в двух продуктах полимеризации с примерно равным молекулярным весом

с окружающими частицу ионами, образующими двойной электрический слой.

Для практических целей важно отметить, что в области нейтрального значения pH большинство твердых частиц в воде имеет отрицательный заряд поверхности, величина которого изменяется в зависимости от pH. Чем мельче частицы суспензии, тем больше плотность их заряда и тем сильнее они отталкивают анионный полимер. Именно по этой причине при обработке высокодисперсных суспензий только анионным флокулянтом вода в осветленном слое остается мутной и для ее глубокого осветления требуется предварительная обработка суспензии катионными полимерами или неорганическими электролитами, содержащими многовалентные катионы, с целью снижения плотности заряда на поверхности частиц. Исходя из последовательности электростатического взаимодействия в механизме образования агрегатов твердых частиц можно выделить две стадии.

Первая стадия - коагуляция - представляет собой фазу общего процесса, при которой находящиеся в воде твердые компоненты дестабилизируются путем снижения заряда их поверхности. Вторая стадия - флокуляция - заключается в объединении дестабилизированных частиц и возникновении флокул, со структурой, скрепляемой механическими связями - "мостиками" из полимерных молекул.

В таблице I.2, заимствованной из работы [6], показана зависимость между зарядом частицы, ее размерами и площадью поверхности.

Водородная связь возникает между атомами водорода полимеров с недиссоциирующими функциональными группами типа гидроксильных или амидных и кислородом, ассоциированным с гидрат-ионами металлов на поверхности частиц или в гидратной оболочке близ поверхности частиц.

Таблица I.2

Относительные размеры частиц	Масса частицы	Поверхность частицы	Отношение поверхности к массе	Количество частиц, взятых для исследования	Суммарная величина заряда частиц (полагая, что на единицу поверхности приходится единичный заряд)
 I00xI00xI00	I000000	60000	0,06	I	60000
 I0xI0xI0	I000	600	0,6	I000	600000
 IxIxI	I	6	6,0	I000000	6000000

Ковалентная (химическая) связь возникает, если между функциональными группами флокулянта и катионами на поверхности твердых частиц в результате химической реакции образуются соединения типа солей.

Кинетика адсорбции в общем случае определяется скоростью диффузии полимера к поверхности частиц и размерами пор на этой поверхности. В свою очередь, скорость диффузии зависит от молекулярной массы, конфигурации макромолекул в растворе, величины показателя pH, концентрации полимера, интенсивности перемешивания и температуры суспензии.

На пористых частицах равновесие между адсорбированными и находящимися в растворе молекулами наступает сравнительно медленно. Величина этого периода также зависит от конфигурации молекул, от их способности входить в поры.

Температура суспензии кроме скорости диффузии полимера определяет также величину кинетической энергии, сообщаемой молекулами жидкости твердым частицам. При повышении температуры в результате броуновского движения увеличивается вероятность преодоления сил отталкивания между мельчайшими твердыми частицами, их последующего сближения, коагуляции и флокуляции. Это подтверждается экспериментальными данными, заимствованными из технического бюллетеня японской фирмы "Саньё Кэмикел инд" (рис.I.4): повышение температуры флокулируемой суспензии сопровождается увеличением скорости осаждения флокул и повышением прозрачности осветленного слоя жидкости.

Гидродинамика процесса флокуляции главным образом определяется интенсивностью перемешивания суспензии, от которой зависит количество кинетической энергии, сообщаемой частицам различной крупности, и, следовательно, вероятность их столкновения, а также равномерность и время распределения флокулянта в объеме обрабатываемой системы.

П.Самасундарам I приводит данные относительно величины кинетической энергии различной крупности частиц суспензии, получаемой ими в зависимости от вида взаимодействия (табл.I.3).

Из приведенных данных видно, что для частиц крупнее I μm кинетическая энергия перемешивания оказывается достаточной для преодоления электростатических сил отталкивания.

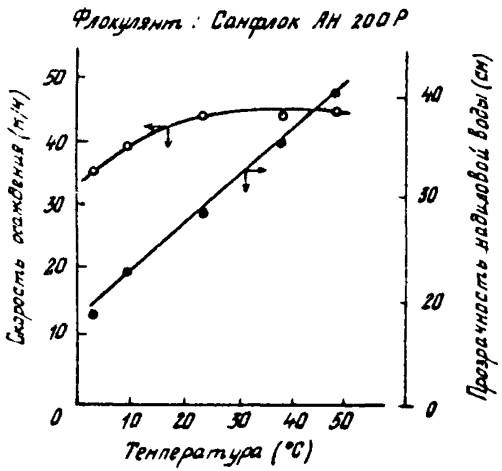


Рис.I.4. Зависимость скорости осаждения флокул и прозрачности слива от температуры суспензии

Таблица I.3

Величина энергии различных частиц суспензии в зависимости от вида взаимодействия

Вид взаимодействия	Размер частиц		
	0,1 μm	I μm	I0 μm
Силы притяжения Ван-дер-Ваальса	-I0 кТ	-I00 кТ	-I,000 кТ
Электростатические силы отталкивания	0-I00	0-I,000	0-I0,000
Броуновское движение	I	I	I
Кинетическая энергия осаждения	$I0^{-I3}$	$I0^{-6}$	I0
Кинетическая энергия перемешивания	-I	I,000	$I0^{6}$

2. ВОДОУГОЛЬНЫЕ СУСПЕНЗИИ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА ФЛОКУЛЯЦИИ

Свойства твердой и жидкой фаз водоугольных суспензий, образующихся и циркулирующих в технологических системах углеобогатительных фабрик, влияют на процесс мостиковой флокуляции.

Свойствами т в е р д о й ф а з ы, влияющими на флокулообразование, являются крупность частиц, их вещественный состав, степень метаморфизма угля, пористость, величина и знак электрического заряда, гидрофильность (гидрофобность) поверхности.

Например, при прочих равных условиях плотность заряда на поверхности твердых высокодисперсных частиц выше, чем у частиц более крупных. Вещественный состав и степень метаморфизма угля определяют гидрофильность, пористость, степень окисленности (а значит и наличие реакционноактивных атомных группировок) поверхности.

Так эксперименты с суспензиями шламов угля марки "Ж" показали, что увеличение степени окисленности поверхности шламов с 8 до 28% повышает прозрачность отстоя суспензии. Происходит более энергичная флокуляция и осаждение мельчайших концентратных частиц, поверхность которых при окислении гидрофилизуется [II].

Имеются данные о том, что скорости осаждения угольных суспензий, сфлокулированных полиакриламидом, увеличиваются при возрастании содержания в них витреновых и минеральных компонентов. Увеличение количества фюзена ухудшает флокуляцию. То обстоятельство, что гидрофильные витрен и минеральные составляющие флокулируют лучше гидрофобного фюзена, позволяет констатировать: мостиковая флокуляция шламов - процесс, идущий, в отличие от т.н. гидрофобной или масляной флокуляции, достаточно активно при наличии гидратной оболочки у поверхности флокулируемых частиц.

Известно, что без применения флокулянтов скорость седиментации шламов возрастает одновременно с увеличением степени метаморфизма угля, что объясняется увеличением его плотности. При флокуляции шламов полиакриламидом констатирована обратная зависимость: молодые угли флокулируют лучше. Объяснение наблюдаемого явления заключается, очевидно, в свойствах поверхности молодых углей, макромолекулы которых обладают развитыми боковыми цепями, в состав которых входит значительное количество активных полярных групп.

Гранулометрический состав шламов определяет не только плотность зарядов на поверхности частиц, но и удельный (т.е. приходящийся на единицу веса твердой фазы) расход флокулянтов, требующийся для достижения определенной скорости осаждения. С увеличением степени дисперсности удельный расход полимеров резко возрастает. Наибольшей степенью дисперсности обладают суспензии илов и отходов флотации, причем в последнем случае самым большим количеством ультратонких классов представлены отходы флотации углей ранних стадий метаморфизма [II].

Электрический заряд поверхности илов, отходов флотации и необогащенных угольных шламов имеет в подавляющем большинстве случаев отрицательное значение. Поэтому при использовании анионактивных флокулянтов (гидролизованный полиакриламид, Метас) их адсорбция должна происходить преимущественно на катионах, входящих в двойной электрический слой (ДЭС), расположенный у поверхности твердых частиц.

Жидкая фаза флокулируемых водоугольных суспензий характеризуется главным образом их ионным составом и степенью минерализованности.

В качестве источников водоснабжения примерно 2/3 ОФ системы

[illegible] используют шахтную воду, остальные - артезианскую, речную и из городского водопровода. В общем составе минерализующих компонентов шахтных вод преобладают катионы Na^{+}, Ca^{++}, Mg^{++} и анионы Cl^{-}, SO_4^{--} и HCO_3^{-}. Присутствие неорганических солей в водоугольных суспензиях при сочетании благоприятных условий (концентрация, валентность, электрический заряд ионов и т.д.) вызывает электролитную коагуляцию и активизирует действие полимерных флокулянтов: увеличивается скорость седиментации флокул, слой осветленной жидкости становится прозрачнее. В условиях Донбасса оптимальное для целей флокуляции содержание солей в оборотной воде составляет порядка 7 тыс.мг/л [I2].

Применение флокулянтов в слабоминерализованных водах, как показывает опыт, оказывается менее эффективным, чем в средах со средней и повышенной степенью минерализации [II].

Отсюда следует вывод, что использование пресной воды для водоснабжения ОФ нецелесообразно не только с точки зрения экономии дефицитной воды хозяйственно-питьевого назначения, но и по соображениям оптимизации технологических условий работы системы оборотного водоснабжения.

Предприятия, получающие для производственных нужд воду хозяйственно-питьевого назначения, должны быть переведены на снабжение шахтными водами, избыток которых в настоящее время подвергается дорогостоящей реагентной очистке перед спуском в различные водоемы.

3. Характеристика отечественных и зарубежных флокулянтов

Водорастворимые полимерные флокулянты впервые синтезированы в начале 50-х годов текущего столетия. Ассортимент флокулянтов, выпускаемых американскими, японскими, западно-германскими и другими зарубежными фирмами, включает в настоящее время десятки наименований различных по технологическим свойствам, молекулярной массе, ионной активности, форме выпуска и иным характеристикам соединений.

Химическая промышленность СССР в этом отношении представлена более ограниченной номенклатурой продукции. Перечень флокулянтов, поставляемых предприятиям Минуглепрома СССР, ограничен гелеобразной и (в меньшем объеме) гранулированной формами полиакриламида и гранулированным анионным флокулянтом "Метас", причем поставки этих продуктов осуществляются в количествах, не удовлетворяющих потребность предприятий. Дефицит отечественных флокулянтов частично восполняется импортными поставками.

Форма выпуска полиакриламида и "Метаса", затрудняющая процесс растворения, ограниченность выбора с точки зрения технологических свойств в сочетании с дефицитностью в значительной степени сдерживают масштабы применения флокулянтов на отечественных ОФ и, как следствие, - тормозят совершенствование систем оборотного водоснабжения и общих производственных показателей предприятия.

Саратовским филиалом института НИИполимеров синтезировано несколько марок порошкообразного флокулянта "АК-629", представляющих собой сополимер акриловой кислоты и ее амида. Несколько марок нового полимера имеют характеристики, рекомендованные ИОТТ на основании предварительных лабораторных опытов. Сведения о флокулянтах "АК" предприятиям угольной промышленности пока не сообщались,

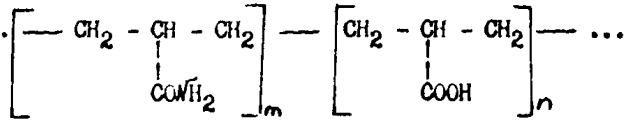
поэтому ниже приводятся некоторые их основные характеристики (табл.3.1).

Таблица 3.I

Основные характеристики флокулянтов серии "АК-629"

Показатели	Марки		
	А	Б	В
I. Внешний вид	Порошок	Порошок	Порошок
2. Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	90	90	9
3. Характеристическая вязкость полимера акриламида в растворе хлористого натрия с массовой долей, дл/г, не менее	I2	I2	I0
4. Молярная доля карбоксильных групп, %	5	5-I0	I0-30
5. Массовая доля остаточного акриламида, %, не более	0,I	0,I	0,I

Из структурной формулы



видно, что в макромолекуле флокулянтов "АК" функциональные (боковые) амидные группы NH_2 чередуются с карбоксильными COOH. Диссоциация последних в водном растворе придает полимерам анионные свойства. Количество карбоксильных групп (звено n в структурной формуле) в зависимости от марки флокулянта колеблется от 5 до 30%. От степени диссоциации (гидролиза) боковых групп в свою очередь зависит плотность электрических зарядов в молекулярной цепи,

сила кулоновского взаимодействия (в данном случае отталкивания) между соседними карбоксилатными атомными группировками и распрямле. ость макромолекул, представляющих собою в растворе диффузный клубок. Как показывает опыт, при флокуляции глинисто-угольных суспензий с содержанием твердого в пределах, характерных для ОФ, оптимальное содержание карбоксильных групп и зависящей от него степени гидролиза во флокулянтах полиакриламидного типа колеблется в пределах 10-30%. Поэтому для угольной промышленности наиболее подходит флокулянт марки "В".

В ходе промышленных испытаний на ЦОФ "Киевская" установлено, что при флокуляции суспензии отходов флотации в сгустителях С-10 полимер "АК-629-1510" по эффективности превосходит полиакриламид-гель, быстрее растворяется, значительно удобнее при использовании в производственных условиях.

Повышенная технологическая активность и хорошая растворимость - не единственные преимущества порошков серии "АК-629" перед полиакриламидом-гелем. Новые флокулянты выгодно отличаются и рядом других свойств:

- высоким содержанием основного вещества: 90% против 6-8%, имеющихся в геле;

- фиксированным содержанием карбоксильных групп и степенью гидролиза, достигаемыми путем введения нужного количества щелочи в процессе синтеза и не изменяющимися при хранении флокулянта;

- более длительным, чем у геля, гарантийным сроком хранения;

- сыпучей консистенцией, облегчающей выгрузку из упаковки и дозирование при растворении.

Саратовским филиалом НИИполимеров разработана промышленная технология синтеза новых флокулянтов. Предполагается сооружение промышленных мощностей по их производству с учетом потребности во

флокулянтах различных отраслей народного хозяйства.

Испытаны опытные партии ряда других отечественных флокулянтов, но массовое их производство пока не осуществляется.

Сведения об основных флокулянтах, выпускаемых, подготавливаемых к выпуску и испытываемых в СССР, приведены в табл.3.2.

Характеристики ряда флокулянтов, выпускаемых в Японии, ФРГ и США, приведены в табл.3.3.

Содержание основного вещества (водорастворимых полимеров) в выпускаемых зарубежными фирмами порошках составляет 90-98%; в вязких жидкостях - всего 2-5%. Эмульсии являются сравнительно новой формой выпуска водорастворимых полимеров с концентрацией основного вещества 30-50%.

Более детальные сведения о флокулянтах марок "Аккофлок" и "СанФлок" (Япония); "Праестол" и "Боцефлок" (ФРГ); "Сепаран" (США) и их применении приведены в табл.3.4-3.10, заимствованных из фирменных проспектов.

Фирма "Штокхаузен" приводит данные, иллюстрирующие зависимость эффективности действия флокулянтов (например, типа "Праестол") от сочетаний условий, в которых они используются, и ионной активности самих полимеров.

При практически совпадающих молекулярных массах и дозировках анионные флокулянты с различной степенью ионогенности (№№ 2935, 2830, 2810) и неионный (№ 6000) при различных значениях показателя pH и прочих равных условиях дают значительно отличающиеся скорости осаждения флокул (рис.3.1).

Влияние относительной доли заряженных функциональных групп у катионактивных флокулянтов на их интенсифицирующее действие при фильтровании шламов показано на рис.3.2.

Таблица 3.2

Свойства и параметры флокулянтов, выпускаемых и осваиваемых промышленностью СССР

Флокулянт	Внешний вид	Степень освоенности выпуска	Молекулярная масса	Содержание основного вещества, %	Тип полимера
I	2	3	4	5	6
I. Полиакриламид-гель ТУ 6-01-1049-81					
Известковый	Гелеобразная вязкая масса бесцветная или от молочно-белого до желтого цвета	Выпускается в промышленных масштабах	$(I-6)\cdot10^6$	не менее	Неионогенный полимер амида акриловой кислоты, в гидролизованном виде – анионактивный
в.с.				7,0	
I с.				7,0	
Аммиачный	Гелеобразная вязкая масса от светло-желтого до голубого или зеленого цвета			не менее	
в. с.				6,0	-"-
I с.				6,0	
II с.				5,0	
2. Полиакриламид сухой ТУ 6-I6-253I-8I	Порошок и гранулы от желтого до светло-коричневого цвета	-"-	$(0,I-3,0)\cdot10^6$	не менее 50,0	-"-
3. "Метас" ТУ 6-01-254-74	Аморфные частицы белого или желтовато-серого цвета	-"-	$0,3\cdot10^6$	35-60	Анионактивный сополимер метакриловой кислоты и ее амида

Продолжение табл.3.2

1	2	3	4	5	6
4. "Метасол" ТУ 6-01-1172-78	Гранулы белого или серовато-желтого цвета размером не более 5 мм в поперечнике	Выпущены опытные партии	$0,3 \cdot 10^6$	не менее 70	Анионактивный сополимер метакриловой кислоты и ее натриевой соли
5. М-14ВВ ТУ 6-01-1070-76	Порошок или комочки от белого до желтоватого цвета	-"-	$(0,3-0,4) \cdot 10^6$	73-80	Анионактивный сополимер метакриловой кислоты и метилметакрилата
6. Дакрис-20 ТУ 6-01-1267-81 Марка А Марка Б	Порошок или мелкие гранулы, допускаются отдельные комочки диаметром не более 15 мм	-"-	$0,4 \cdot 10^6$	73-80	Анионактивный натрий-моноэтаноламинная соль сополимера метакриловой кислоты и метилметакрилата
7. Полиэтиленоксид ТУ 6-05-231-312(НФ)-80 ПЭО-01 ПЭО-02 ПЭО-02С	Порошкообразный продукт от белого до светло-желтого цвета	Освоено опытно-промышленное производство	$(0,5-2,0) \cdot 10^6$ $2 \cdot 10^6$ $2 \cdot 10^6$	не менее 98	
8. ВПК-402 ТУ 6-05-2009-86	Бесцветная или желтоватая однородная по консистенции жидкость без посторонних включений	-"-	$(0,02-0,15) \cdot 10^6$	не менее 25	Катионный полимер диметилдиаллиламмонийхлорида
9. Полиэтиленимин	Вязкая жидкость	-"-	не менее $0,04 \cdot 10^6$	30-50	Катионактивный полимер этиленимина
10. К-4 ТУ 6-01-1271-82	Вязкая жидкость от оранжевого до желтого цвета	Освоено опытно-промышленное производство	$0,3 \cdot 10^6$	не менее 10	Анионактивный продукт реакции неполного омыления полиакрилонитрила
11. Гипан ТУ 6-01-166-74	Вязкая жидкость от желтого до темно-коричневого цвета	-"-	$0,3 \cdot 10^6$	не менее 10	Гидролизованный полиакрилнитрил анионного типа
12. "АК-629"	Белый порошок	Выпускается в объеме опытных партий	до $6 \cdot 10^6$	не менее 90	Анионный сополимер акриловой кислоты и ее амида

Таблица 3.3

Флокулянты, выпускаемые некоторыми зарубежными фирмами

Страна, фирма	Наименование (марки флокулянта)	Тип ионной активности	Форма выпуска
I	2	3	4
Япония			
Мицуи Цианамид	Аккофлок (А-100; А-110; А-120; А-130)	Анионные	Порошок
	Аккофлок № 100	Неионный	Порошок
Мицуи и К°	Хайсет Р-700	Неионный	Порошок
	Хайсет Р-713	Анионный	Порошок
Диафлок СО	Диафлок (АР-825; АР-120)	Анионный	Порошки
	Диафлок № Р-800	Неионный	Порошок
Саньё Кемикал индастриз	Санфлок (АН210Р; АН370Р; АН330Р)	Анионный	Порошки
	Санфлок № 520Р	Неионный	Порошок
Киоритцу ККИ К° ЛТД	Химолок ($$200Н; $$-200)	Неионные	Гранулированный порошок
	Химолок (МР-500; МР-100; МР-130; МР-140; МР-190)	Анионные	Гранулированный порошок
	Химолок (МР-366; МР-473; МР-473Н; МР-373; МР-373Н; МР-173; МР-173Н)	Катионные	Гранулированные и бисерные порошки
	Химолок (Q-101; Q-105; Q-202)	Катионные	Вязкая жидкость
	Химолок √e0-200	Неионный	Вязкая жидкость
	Химолок √e0-600	Катионный	Вязкая жидкость
ФРГ			
Штокхаузен	Праестол (2830; 2900;2935;114;2850)	Анионный	Порошки
	Праестол 536К	Катионный	Порошок

Продолжение табл.3.3

1	2	3	4
Эллайд Коллоидс Мануфактуринг ГМБХ	Магнафлок (I0I7; I0II; I55; E-24; E-I0; 805)	Анионный	Порошки
	Магнафлок 292	Катионный	Порошок
	Цетаг (37; 67; 75; 78; 88; 22)	Катионные	Порошки
Хёхст	Гидропур (I859;2463)	Анионный	Порошки
	Боцефлок A3I	Анионный	Порошок
	Боцефлок C200	Катионный	Эмульсия
Хенкель	Феррокрил (720; 72I; 723)	Анионные	Порошки
Бадише анилин сода фабрик (БАСФ)	Седипур ТГ	Неионный,	-
	Седипур (ТГ-2;ТГ-5; ТГ-6; Т-7; Т-I)	Анионные	-
	Полиэтиленимин	Катионный	-
США			
Цианамид компани	Суперфлок (C420; C436;C460;C46I;C470; C484;C485;C486;C507; C52I;C573;C577)	Катионные	Порошки, гранулы, маловязкие жидкости,эмульсии
	Суперфлок (A95;AI00; AI05;AII0;AII5;AI20; AI25;AI30;AI37;AI50; AI85)	Анионные	
	Сепаран (AP273; AP269;AP45;AP30)	Анионные	Порошки
	Сепаран (ХД8494; ХД8492)	Катионные	Порошки
	Сепаран CP35	Катионный	Эмульсия
	Сепаран ХДЭ0056	Неионный	Эмульсия
	Суперфлок (N100$; N100; N300; N300M)	Неионные	Порошки
Кем-ТРОН	FLI6, FLI7, FLI8/40, FL45, CLI2	Катионактивные	Вязкие жидкости

Продолжение табл.3.3

I	2	3	4
Франция			
Компания SNF Floerger	Карбофлок FI23, FI26	Неионогенный	Порошки
	Карбофлок FI29, FI30, FI3I, FI07, FI06, FII7, FII8	Средneанионактивные	Порошки
	Карбофлок FI2I, FI22, FI05, FII2	Неионогенные и среднеанионактивные	Порошки
	Карбофлок FI02, FI03, FI04	Неионогенные и анионактивные	Порошки

Таблица 3.4

Флокулянты типа "Аккофлок" (фирма "Мицуи Цианамид", Япония)

	AI50	AI30	AI25	AI20	AI10	AI00	A95	N 100	N 100S	C48I	C482	C483	C485	C480	C573	C577	C58I
Форма	гранулы														жидкость		
Ионность	неионные							неионные		катионные							
Области применения																	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
ОБРАБОТКА ВОДЫ:																	
Осветление						+	+	+							+	+	+
Обработка квасцовых шламов					+	+	+	+							+	+	+
ПРОЦЕССЫ:																	
Рафинирование металлов				+	+		+	+	+								
Сгущение пульп руды и концентратов			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
Извлечение магния из морской воды	+	+	+	+	+												
Производство фосфатов				+	+	+											
Обработка глинозема и алюминия	+				+		+	+									
ПРОМСТОКИ:																	
Добыча металлов				+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+
Добыча угля	+	+	+	+	+										+	+	+
Очистка известняка		+	+	+	+												
Глиняные мельницы						+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
Производство асбеста				+	+	+	+	+							+	+	+
Промывка гравия		+	+	+	+	+	+			+	+				+	+	+
Гражданское строительство, прокладка тоннелей		+	+	+	+	+	+	+							+	+	+
Драгирование			+	+	+	+	+	+							+	+	+
Пищевые предприятия	+			+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Производство латекса				+	+		+	+	+								
Производство вискозы				+	+	+				+	+	+					

Продолжение табл.3.4

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Очистка шерсти		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+					
Переработка нефти				+	+	+	+	+							+	+	+
Выплавка стали				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Гальванопокрытия				+	+	+	+	+									
САХАР:																	
Осветление соков		+	+	+											+	+	+
Осветление густых сиропов		+	+	+	+										+	+	+
Фильтрование		+	+	+	+					+	+	+	+		+	+	+
БУМАГА И ЦЕЛЛЮЛОЗА:																	
Машинные отходы					+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Отходы целлюлозы					+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
Содержимое ловушек					+	+	+	+		+	+	+			+	+	+
Фиксация наполнителя					+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
ГОРОДСКИЕ ОТХОДЫ:																	
Первичная обработка	+				+					+	+	+					
Сгущение шламов										+	+	+	+	+			+
Обезвоживание шламов	+				+					+	+	+	+	+		+	+
Заключительная обработка	+				+										+	+	

Таблица 3.5

Флокулянты типа "Санфлок" (фирма "Саньё", Япония)

Марка	Внешний вид	Ионная активность	Молекулярная масса	Рекомендуемый диапазон pH	Вязкость 1%-го раствора по Брукфельду, в сантипуазах
I	2	3	4	5	6
Санфлок АН-40ОР	Белый порошок	Анионный (Н)	Очень высокая	7-12	8,000
Санфлок АН-330Р	-"-	Анионный (Н)	-"-	7-12	7,000
Санфлок АН-310Р	-"-	Анионный (Н)	Высокая	7-12	5,000
Санфлок АН-210Р	-"-	Анионный (М)	Очень высокая	6-12	7,500
Санфлок АН-200Р	-"-	Анионный (М)	-"-	6-12	6,000
Санфлок АН-150Р	-"-	Анионный (М)	Высокая	6-12	4,000
Санфлок АН-70Р	-"-	Анионный (L)	Очень высокая	5-12	3,500
Санфлок АS-110Р	Белый порошок	Анионный (L)	Очень высокая	3-12	4,000
Санфлок А$-510Р	-"-	Анионный (L)	-"-	3-12	3,500
Санфлок N-0Р	Белый порошок	Неионный	Средняя	3-12	1,500
Санфлок N-505Р	-"-	Неионный	Очень высокая	3-12	2,500
Санфлок N-520Р	-"-	Неионный	-"-	3-12	2,500
Санфлок N-500Р	-"-	Неионный	-"-	3-12	2,500

Продолжение табл.3.5

I	2	3	4	5	6
Санфлок С-009Р	Белый порошок	Катионный (Н)	Высокая	4-10	2,000
Санфлок СН-109Р	-"-	Катионный (Н)	Очень высокая	4-10	3,000
Санфлок С-109Р	-"-	Катионный (Н)	Высокая	4-10	2,000
Санфлок СН-569Р	-"-	Катионный (М)	Очень высокая	4-10	4,000
Санфлок С-589Р	Белый порошок	Катионный (М)	Высокая	4-10	3,000
Санфлок СН-799Р	-"-	Катионный (L)	Очень высокая	4-10	5,000
Санфлок С-909Р	-"-	Катионный (L)	Высокая	4-10	2,500
Санфлок СН-0IIР	Белый порошок	Катионный (Н)	Высокая	4-8	I,000
Санфлок СН-5IIР	-"-	Катионный (М)	Очень высокая	4-8	500
Санфлок С-9IIР	-"-	Катионный (L)	Высокая	4-8	2,000
Санфлок С-022Р	-"-	Катионный (Н)	Средняя	4-10	I,500
Санфлок С-722Р	-"-	Катионный (М)	Средняя	4-10	2,500
Санфлок С-450	Вязкая жидкость	Катионный (М)	Средняя	4-10	-
Санфлок С-454	-"-	Катионный (М)	Средняя	4-10	-
Санфлок 700	Бесцветная жидкость	Катионный (Н)	Низкая	4-8	-

Ионная активность: (Н) - высокая; (М) - средняя; (L) - низкая.

Таблица 3.6

Флокулянты типа "Праестол" (фирма "Штокхаузен", ФРГ)

Рекомендации по применению	Марки Праестола																
	2000	6000	2810	2820	2830	2900	2935	2850	114	2995	395	185К	510К	211К	522К	536К	444К
	Ионная характеристика																
	неионный		слабо анионный			средне анионный		сильно анионный		оч.сильно анионный		сильно кат.	слабо катионный		ср. кат.	сильно катионный	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Осветление моечных вод углеобогащения					+	+	+		+								
Осветление отходов углеобогащения					+	+	+		+								
Фильтрация угольных шламов								+	+								
Обезвоживание отходов углеобогащения				+			+				+					+	
Электролитное выделачивание цинковой кислоты	+	+		+													
Электролитное выделачивание нейтрального цинка		+	+	+	+	+	+										

Продолжение табл.3.6

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Выщелачивание кислот	+	+	+	+													
Выщелачивание солей		+		+	+	+											
Сгущение нейтрального урана				+		+	+										
Выщелачивание урановой кислоты	+	+	+	+									+	+			
Осветление отходов производства + обезвоживание		+	+	+													
Очистка соляного раствора	+	+			+	+	+			+	+			+			
Очистка отходов железной руды					+	+	+										
Осветление песчано-бетонитовых суспензий						+	+					+	+		+	+	
Осаждение шламов красных бокситов										+							
Выщелачивание ильменита																	+
Шламы фосфатов	+	+		+		+	+										

Таблица 3.7

Флокулянты типа "Боцефлок" (фирма "Хёхст", ФРГ)

Показатели	Марки Боцефлока		
	№ 46	А3I	С200
Форма выпуска	порошок	порошок	порошок
Насыпной вес	0,3-0,4	0,55-0,65	0,55-0,65
Вязкость I%-х водных растворов по Ь укфельду при 20°С, мПа	500-II00	I0000-I6000	I000-I600
Молекулярная масса	$6 \cdot I0^8$	$6 \cdot I0^8$	$2 \cdot I0^8$
Ионогенность:			
анионная часть	[redacted]		
катионная часть	[redacted]	[redacted]	[redacted]
неионная часть	[redacted]		
Устойчивость при хранении:			
- порошка	2 года	3 года	I год
- I%-го раствора	I месяц	I месяц	I неделя
- 0,I%-го раствора	24 часа	24 часа	4 часа
Область применения	В качестве осадительного средства для минеральных суспензий в среде с высоким содержанием солей, кислот или оснований, т.е. между pH 2 и I2; в качестве фиксирующего средства в бумажном производстве	В качестве осадительного средства для минеральных суспензий с величинами pH между 4 и I0	Обезвоживание коммунальных и промышленных шламов, осадительное средство для органических суспензий; гидрометаллургия; моечные воды для обогащения песка, кислые минеральные суспензии

Таблица 3.8

Области применения флокулянтов "Боцефлок"

Область применения	Расход	
	г/м³	г/т
I	2	3
КАМЕННО- И БУРОУГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ		
Осветление моечных вод	0,I-2,0	
Осветление отходов флотации	0,5-3,0	
Интенсификация фильтрования		2-I5
Осветление шахтных вод	I,0-2,0	
СОЛЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ		
Обогащение калийных солей		
Осветление и фильтрование кубовой пульпы, промпродукта щелочи и [illegible]-растворителя	0,5-I,5	
Флотация глины (основная флотация)		2-I0
Соляные промыслы		
Селективная седиментация соляных рассолов	0,5-2,0	
РУДНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО ПРОМЫШЛЕННЫХ МИНЕРАЛОВ		
Обогащение железных руд, осветление сточных вод	0,5-2,0	
ОБОГАЩЕНИЕ МЕДНО-СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД		
Осветление внутрипроизводственной технической воды	0,5-2,0	
Осветление отходов флотации	I,0-2,0	
Интенсификация фильтрования		I0-20
ОБОГАЩЕНИЕ УРАНОВЫХ РУД		
Осветлительные средства	I,0-2,0	
Средства фильтрования		5-20

Продолжение табл.3.8

I	2	3
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЗОЛОТА		
Средства осветления	I,0-2,0	
Вспомогательные средства фильтрования		5-20
ОБОГАЩЕНИЕ КАОЛИНА		
Осветлительные средства	0,5-2,0	
Вспомогательные средства фильтрования		I0-20
ОБОГАЩЕНИЕ ТЯЖЕЛОГО И ПЛАВИКОВОГО ШПАТА		
Осветление отходов флотации	I,0-2,0	
Вспомогательные средства фильтрования		5-I0
ОБОГАЩЕНИЕ БОКСИТОВ		
Вспомогательные средства осветления алюминиевой щелочи	I,0-2,0	
ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗВЕСТНЯКА		
Вспомогательные средства при осветлении сточных вод, содержащих глину	I,0-5,0	
ЦЕМЕНТНЫЕ ЗАВОДЫ		
Осветлительные средства при сгущении шлама	I,0-I0,0	
Вспомогательные средства фильтрования		I0-30
ПЕСЧАНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА		
Вспомогательное средство при осветлении моечных вод	I,0-5,0	
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД		
(флокулянты применяются в сочетании с солями алюминия и железа)		
Сточные воды лакокрасочной промышленности	I0,0-I50,0	
Сточные воды гальванической промышленности	I0,0-I00,0	

Продолжение табл.3.8

I	2	3
Сточные воды с нефтеочистительных заводов, содержащие масла	I,0-20,0	
Сточные воды текстильной промышленности, содержащие красители и вспомогательные средства	I,0-20,0	
Сточные воды бумажной промышленности	I,0-20,0	
КОММУНАЛЬНЫЕ СТОЧНЫЕ ВОДЫ:		
- осветлители для предварительного и вторичного осветления	0,I-I0,0	
- вспомогательные средства фильтрования		I00-200
- вспомогательные средства центробежного обезвоживания		I000-3000
- обезвоживание на иловых площадках		30-I50

Таблица ..9

Флокулянты типа "Сепаран" фирмы "ДОУ", США

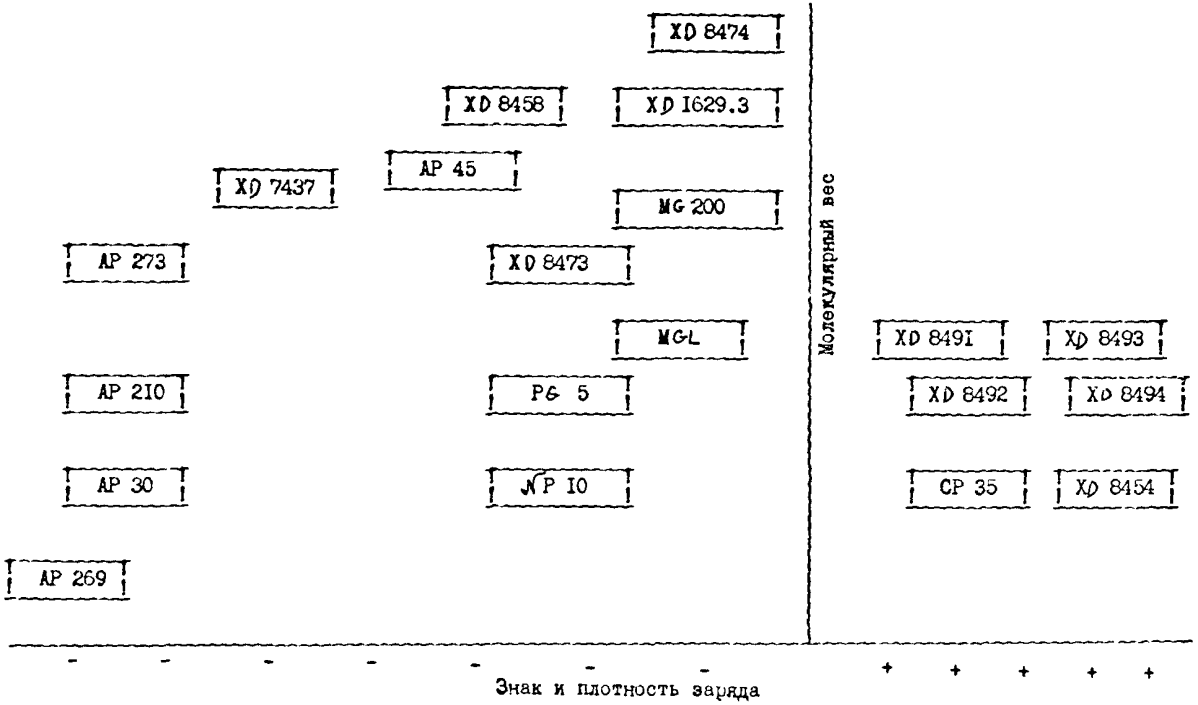
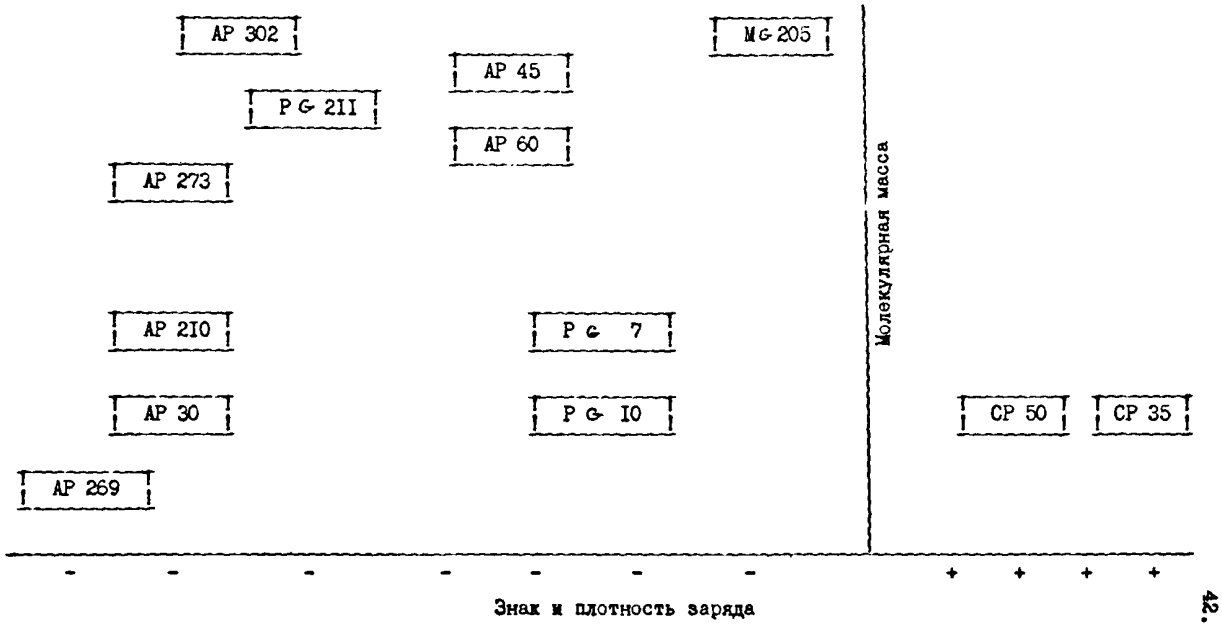


Таблица 3.10

Флокулянты типа "Сепаран" (фирма "ДОУ", США)



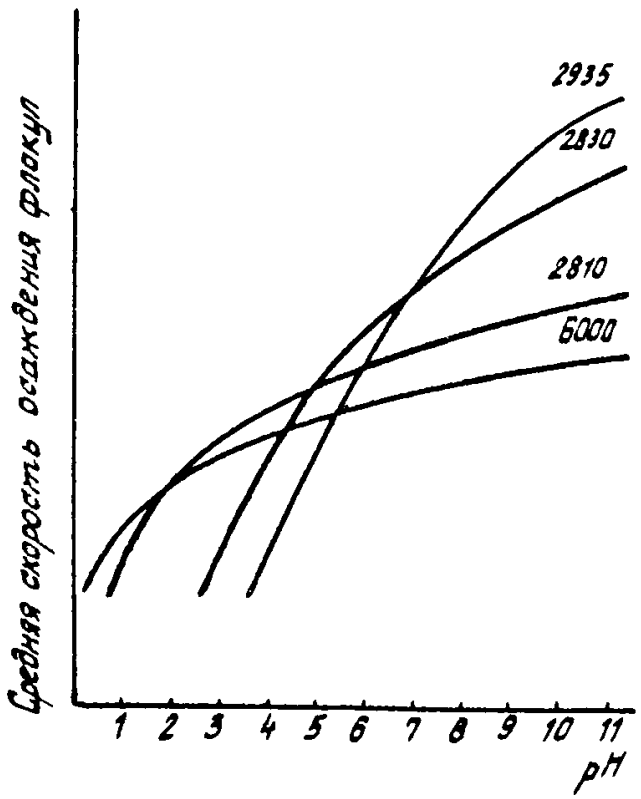


Рис.3.I. Эффективность одинаковых дозировок неионных и анионных марок Праестола с близким молекулярным весом в зависимости от показателя pH

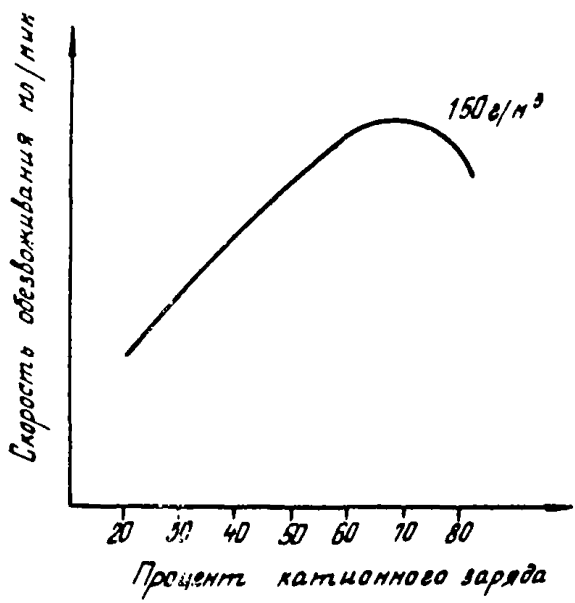


Рис.3.2. Скорость обезвоживания бытовых шламов в зависимости от катионной активности добавляемого к ним Праестола

Пользуясь рекомендациями фирм-изготовителей, можно лишь в принципе выделить группу флокулянтов с нужными для того или иного процесса характеристиками - такими, как молекулярная масса и знак заряда функциональных групп. Окончательный выбор может быть сделан лишь на основании экспериментов, моделирующих условия процесса и характеристики дисперсной системы, обрабатываемой флокулянтами.

Ряд флокулянтов зарубежного производства марок "Санфлок", "Аккофлок", "Суперфлок", "Боцефлок", "Гидропур", "Праестол" и "Магнафлок" были подвергнуты лабораторным испытаниям на суспензии отходов флотации ЦОФ "Восточная" ПО "Карагандауголь". Общая зольность отходов составляла 74,3%, содержание классов мельче 40 мкм - 77,8%, крупнее 250 мк - всего I%. Содержание твердого в испытываемой суспензии было равно 30 кг/м^3.

Результаты испытаний, приведенные в табл.3.II, показывают, что в данных условиях (т.е. на суспензии отходов флотации ЦОФ "Восточная") наиболее высокие скорости разделения фаз обеспечиваются при использовании зарубежных флокулянтов "Суперфлок", "Аккофлок", "Санфлок" и "Праестол" (табл.3.I2).

Испытанный в сопоставимых условиях полиакриламид-гель давал скорости седиментации флокул в несколько раз меньшие, чем зарубежные флокулянты.

Таблица 3.II

Результаты лабораторных исследований импортных флокулянтов

№ п.п	Флокулянт	Страна, где изготовлен флокулянт	Фирма-изготовитель	Расход флокулянта, г/т					
				Скорость осаждения, м/ч					
				5	I0	I5	20	30	50
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
I.	Санфлок АН-400Р	Япония	Саньё Кэмикал	0	6,7	-	I2,8	24,0	-
2.	Санфлок АН-330Р			0	6,4	-	I6,3	25,7	-
3.	Санфлок АН-2I0Р			0	5,8	-	II,7	I6,3	-
4.	Санфлок АН-2I2Р			0	3,9	-	I0,0	I5,7	-
5.	Санфлок АН-70Р			0	7,4	-	8,5	I5,0	-
6.	Санфлок АЛ-3I0Р			0	4,0	-	8,8	I2,9	-
7.	Санфлок А$-II0Р			0	2,4	-	6,7	I4,4	-
8.	Санфлок А$-5I0Р			0	I,8	-	5,0	II,6	-
9.	Санфлок N-520Р			0	I,4	-	4,I	9,2	-
I0.	Санфлок N-500Р			0	I,5	-	7,2	I5,0	-
II.	Санфлок N-0Р			0	2,I	-	4,8	8,4	-
I2.	Санфлок АН-I22Р			0	3,0	-	8,5	I3,8	-
I3.	Санфлок АН-223Р			0	3,5	-	I0,0	I8,0	-
I4.	Санфлок А$-22IР			0	2,9	-	8,2	I2,9	-
I5.	Аккофлок А-II0	Япония	Мицуи Цианамид	0	3,0	-	I4,4	20,0	-
I6.	Аккофлок А-I30			0	I2,0	-	2I,I	45,0	-
I7.	Аккофлок N 100			0	I,6	-	7,2	II,2	-
I8.	Суперфлок А-I20	США	Цианамид	I7,I	-	25,6	-	-	-
I9.	Суперфлок А-II0			I5,6	-	2I,4	-	-	-
20.	Суперфлок А-I37			I4,4	-	I9,8	-	-	-
2I.	Суперфлок А-I30			I3,6	-	I8,2	-	-	-
22.	Суперфлок I30 L W			I0,5	-	I6,7	-	-	-
23.	Суперфлок А-I50 L M W			8,0	-	I4,6	-	-	-
24.	Суперфлок I50			7,6	-	I2,7	-	-	-
25.	Суперфлок А-I00			5,6	-	9,8	-	-	-
26.	Суперфлок 8475			0	0	0	0	9,0	I7,4
27.	Суперфлок 8445			0	0	0	0	8,3	I6,7
28.	Суперфлок 8455			0	0	0	0	7,2	I3,6
29.	Суперфлок 8465			0	0	0	0	6,5	II,8
30.	Суперфлок 8485			0	0	0	0	5,3	I0,2
3I.	Суперфлок 8495			0	0	0	0	5,I	9,4
32.	Суперфлок 8435			0	0	0	0	4,6	7,8
33.	Боцефлок А-3I	ФРГ	Хёхст	0	4,6	-	8,6	I2,4	-
34.	Боцефлок С-2I5			0	-	-	0,6	2,6	-
35.	Гидропур А-57			0	3,4	-	8,8	I6,4	-

Продолжение табл.3.II

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36.	Праестол 2540	ФРГ	Штокхаузен	0	5,1	-	9,2	13,8	-
37.	Праестол 2515			0	4,2	-	7,5	10,5	-
38.	Праестол 2360			0	4,0	-	7,2	9,7	-
39.	Праестол 2515TR			0	3,2	-	7,5	11,2	-
40.	Праестол 2530			0	5,1	-	9,2	13,0	-
41.	Праестол 2530TR			0	4,8	-	9,0	12,4	-
42.	Магнафлок 155	ФРГ-Англия	Эллайд-Коллоидз	-	9,0	-	17,1	20,0	-
43.	Магнафлок 156			-	8,1	-	13,8	18,0	-
44.	Магнафлок 1017			-	7,5	-	11,2	12,8	-
45.	Магнафлок 810			-	4,2	-	8,0	10,3	-
46.	Магнафлок 1011			-	7,5	-	12,0	18,0	-
47.	Магнафлок 525			-	4,5	-	8,8	10,8	-
48.	Магнафлок 1919			-	5,8	-	10,3	12,0	-

Примечание: Знак "0" означает, что при данных расходах флокулянта процесс не интенсифицируется;
знак "-" означает, что при данных условиях исследования не проводились.

Таблица 3.I2

Наиболее эффективные зарубежные флокулянты из числе испытанных в ИОТТ (см. табл.3.II)

№ № п.п	Флокулянты	Фирма-изготовитель	Страна
I.	Суперфлок А-I20, А-II0, А-I37, А-I30, А-I50	Цианамид	США
2.	Аккофлок А-I30	Мицуи Цианамид	Япония
3.	Санфлок АН-330Р, АН-400Р	Саньё Кэмикал	Япония
4.	Праестол 2540TR	Штокхаузен	ФРГ

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ПРИМЕНЕНИЮ ФЛОКУЛЯНТОВ

4.I. ВЫБОР ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВОДНО-ШЛАМОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В зависимости от особенностей технологии, к флокулянтам, применяемым для интенсификации тех или иных процессов углеобогащения, предъявляются различные требования.

Высокая скорость осаждения достигается при использовании полимеров с большой молекулярной массой. Флокулы, получаемые при разделении фаз суспензий в поле сил тяжести, например, в радиальных сгустителях, не обязательно должны обладать высокой прочностью: большие их размеры и высокая скорость седиментации вполне удовлетворяют в данном случае требованиям технологии. В наибольшей степени таким условиям соответствуют высокомолекулярные анионактивные флокулянты на основе акриламида: гидролизованный полиакриламид, "АК-629", соответствующие марки зарубежных флокулянтов (см. табл.3.3-3.I2).

Если при осаждении суспензий требуется высокая степень осветления воды, то используются средне- или низкомолекулярные полимеры с высокой ионной активностью функциональных групп. Например, в илонакопителях или хвостохранилищах могут быть эффективны сравнительно низкомолекулярные флокулянты с большой плотностью заряда (см. табл.3.9, 3.I0).

При осветлении и сгущении суспензий в шнековых осадительных центрифугах из-за высокой турбулентности и скоростей внутриторных потоков обязательными условиями являются повышенная прочность флокул и быстрое флокулообразование. В условиях центробежного поля хорошо зарекомендовали себя неионогенные высокомолекулярные флокулянты типа негидролизованного полиакриламида или полиэтиленоксида (см. табл. 3.3).

Повышение количества ионогенных групп в полимерной цепи обусловливает возникновение связи макромолекулы флокулянта непосредственно с твердой поверхностью и, как следствие, - дегидратацию последн и образование более компактных флокул.

Полимеры, характеризующиеся сильной катионной активностью и поэтому связывающие на границе твердой и жидкой фаз отрицательно заряженные гидратированные ионы, обладают одновременно с флокулирующим также дегидратирующим действием (ВПК-402, полиэтиленимин, катионные флокулянты, указанные в табл.3.4-3.10). Применение таких полимеров дает наибольший эффект при фильтровании и уплотнении шламов, в особенности органического происхождения [2]. При фильтровании осадков, содержащих большой процент гидроокисей, что характерно, например, для шахтных вод, наиболее эффективны слабоанионные или неионные полиакриламиды, применяемые в условиях предварительного добавления извести в систему. Ионы кальция при такой технологии служат соединительным звеном между полимером и твердой поверхностью, несущей отрицательный заряд [6].

В некоторых случаях возникает необходимость разделения твердой фазы суспензии по вещественному составу с выделением одной ее части в осадок и стабилизацией во взвешенном состоянии остающихся частиц (т.н. селективная или избирательная флокуляция). Такая задача может возникнуть, например, при подготовке угольных суспензий к флотации. Осуществление селективной флокуляции связано с комплексным,довольно сложным для практического осуществления, использованием нескольких реагентов и некоторыми негативными технологическими последствиями - такими, как стабилизация илистых взвесей, из-за чего данный процесс не получил широкого применения в промышленности.

В связи с попытками применения избирательной флокуляции следует подчеркнуть, что элементарный акт мостиковой флокуляции суспензий в общем случае носит неселективный характер: даже если вводимый в системы полимер не реагирует с тем или иным твердым компонентом суспензии, несфлокулированные частицы могут быть механически вовлечены в состав флокулы, образуя в ней ослабленные зоны [3].

В производственных условиях процессы осветления суспензий, уплотнения осадков, центрифугирования или фильтрования зачастую применяются последовательно. В этом случае на каждом этапе обработки требуется применение дополнительного количества флокулянтов с соответствующей характеристикой.

Иногда, как это уже отмечалось при рассмотрении особенностей механизма флокуляции посредством электростатической связи, и в ходе одной операции для повышения ее эффективности применяется двухкомпонентная технология флокуляции. Первый из дозируемых полимеров должен направленно изменять заряд поверхности адсорбента. Второй полимер - иметь противоположный по отношению к модифицированной поверхности осадка заряд с тем, чтобы обеспечить максимальную флокуляцию. По имеющимся данным, при таком способе получаются флокулы, относительно устойчивые к напряжениям сдвига. Композиции из двух последовательно применяемых флокулянтов (или коагулянта и флокулянта) необходимы также для полной дестабилизации полидисперсных систем, содержащих мельчайшие классы твердых частиц с высокой плотностью поверхностного заряда.

Уточняющие рекомендации по выбору флокулянтов в зависимости от ионной характеристики осветляемых и сгущаемых

суспензий содержатся в данных лабораторных исследований, проведенных в ИОТТ (см. табл.3.II и 3.I2) и в проспекте западногерманской фирмы "Штокхаузен", выпускающей флокулянты марки "Праестол". В определенной степени эти рекомендации пригодны и при использовании флокулянтов других зарубежных фирм и советских флокулянтов полиакриламидного типа, полиоксиэтилена, катионных полимеров ВПК и т.д. По данным фирмы "Штокхаузен" при pH среды порядка 7 или ниже, малом содержании в ней электролитов, низком заряде ионов, наличии преимущественно одновалентных ионов (водород, щелочные металлы) наиболее эффективны анионные марки "Праестола", обеспечивающие высокие скорости седиментации шламов и чистый слив.

При pH 7, но высоком содержании электролитов, наличии ионов с высоким зарядом, многовалентных ионов щелочных металлов и ионов тяжелых металлов рекомендуются неионогенные и слабоанионактивные виды "Праестола".

В присутствии многовалентных ионов тяжелых металлов и особенно ионов алюминия также рекомендуются неионогенные и слабоанионактивные виды "Праестола".

При pH 7 применяют преимущественно анионактивный "Праестол".

При pH I2 - неионогенный и слабоанионактивный "Праестол".

В мягкой воде с жесткостью менее 5 мг-экв/л флокулянты действуют неэффективно; в этом случае в суспензию добавляют какую-либо известковую соль, например, гипс.

В воде с большим содержанием электролитов удельный расход растворов Праестола должен снижаться в два раза.

Шламовые воды с органическими коллоидальными взвесями (бытовые стоки) удовлетворительно флокулируются катионактивными марками

"Праестола". Катионактивные "Праестолы" также эффективны для глинистых суспензий с частицами коллоидных размеров.

С увеличением концентрации твердой фазы и степени ее дисперсности удельные расходы флокулянтов возрастают.

Приведенные рекомендации направлены главным образом на обеспечение максимальных скоростей осаждения флокул и прозрачности слива. С точки зрения компактности образующихся осадков следует исходить из того, что анионактивные высокомолекулярные флокулянты способствуют возникновению крупных хлопьев, которые образуют плохо уплотняющиеся осадки большого объема. Анионактивные и неионогенные флокулянты с низкой молекулярной массой дают сравнительно небольшие флокулы, образующие более плотные осадки. Флокулянты с катионными свойствами также способствуют образованию плотных осадков.

Некоторые виды флокулянтов могут быть использованы и для целей, не связанных с агрегированием (флокуляцией) мелких частиц: они применяются для снижения сопротивления движению чистых жидкостей и суспензий по трубопроводам. Возникает т.н. эффект Томса, проявляющийся при турбулентном течении жидкостей, содержащих добавки некоторых водорастворимых полимеров. В литературе по флокулянтам эффект Томса упоминается довольно редко, поэтому отмеченное свойство полимеров рассматривается здесь сравнительно подробно.

По сведениям фирмы "БАСФ" (Бадише анилин сода фабрик, ФРГ) способностью снижать сопротивление потоку жидкостей и суспензий в трубопроводах кроме полимерных соединений окиси этилена (полиоксиэтилена) обладают также сополимеры акриламида и акрилата натрия, натуральный каучук, полиизобутилен. Наиболее эффективными добавками, снижающими сопротивление трубопроводов при гидро-

транспорте угля, фирма считает выпускаемый ею сополимер акриламида и метакрилата натрия - "Сепафлукс" СЕ 5I74 и полиоксиэтилен.

Подчеркивается, что в присутствии полимерных молекул снижение сопротивления наблюдается только в режиме турбулентного течения. Для количественной оценки эффективности действия того или иного полимера в качестве добавки, снижающей сопротивление, используется разность напряжений сдвига у стенки трубы при протекании чистого растворителя (воды) и растворителя с добавками испытываемого полимера при постоянном в обоих случаях расходе жидкости.

Эффективность действия полимерных добавок снижается при увеличении продолжительности механических воздействий на макромолекулы. В лабораторных условиях время механических воздействий регулировалось количеством циклов циркуляций потока через контур трубопровода. Отмечаемое снижение эффективности тем заметнее, чем ниже концентрация полимера в воде. Например, при I5 ppm [I] "Сепафлукса" в воде за I0 циклов эффективность падает более, чем в 2 раза, а при I00 ppm такое же количество циклов практически не изменяет эффективность добавляемого флокулянта.

Отрицательно влияют на эффект Томса различного рода закругления на трубопроводе, что иллюстрируется кривыми на рис.4.I.

Особенно чувствительны к наличию закруглений добавки полиоксиэтилена. Отмечается, что в закруглениях кроме турбулентных вихрей, при которых оказывается наличие полимерных добавок, в закруглениях возникает два дополнительных вида диссипации энергии.

Во-первых, ускоряется движение одной части потока относительно другой его части. Кроме того, у внутренней кромки закругления воз-

---

[I] I ppm - соответствует содержанию I части полимера в I миллионе частей растворителя. Если в качестве растворителя используется вода, то I ppm соответствует принятой в СССР размерности дозировки г/м³.

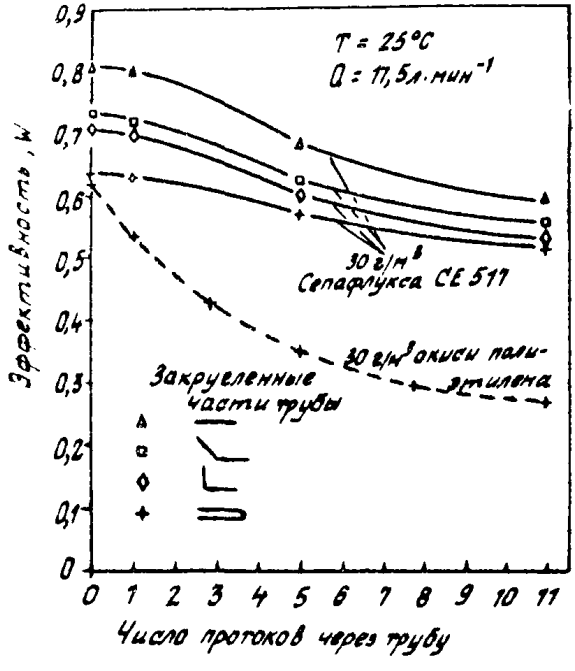


Рис.4.I. Механическое разрушение молекулярных цепей в различных закруглениях трубы

никает область обратного течения с вихрями различного характера. Оба эти явления вызывают дополнительное рассеяние энергии и, следовательно, - падение давления, на которое присутствие полимеров не влия : оно имеет место и до введения добавок и не может быть учтено при экспериментальных определениях эффективности действия полимера в качестве добавки, снижающей сопротивление потока.

Эксперименты на опытно-промышленной установке показали, что вопреки существовавшим предположениям, эффективность действия полимеров в трубах большого диаметра не меньше, чем на лабораторной установке, но при этом значения чисел Рейнольдса в промышленных условиях должны быть выше. Добавка полимера, по данным фирмы "БАСФ", сокращает не только потери давления в трубе, но позволяет также снизить число оборотов и потребляемую мощность насосов (табл.4.I).

Таблица 4.I

Изменение потерь давления в трубе и характеристик насоса при добавках "Сепафлукса" СЕ 5I74 в количестве I00 ppm

Скорость потока, м/с	Потери давления		Число оборотов насоса		Мощность, потребляемая насосом	
	%	%	%	%	%	%
4,00	27,2	-72,8	78,4	-2I,6	57,I	-42,9
3,03	36,7	-63,3	8I,9	-I8,I	47,9	-52,I
2,08	46,0	-54,0	93,2	-6,8	60,5	-39,5
I,60	52,I	-47,9	I00,0	0,0	-	

Эффективность действия "Сепафлукса" при определенных его концентрациях полностью сохраняется в течение времени, достаточного для транспортирования жидкости или суспензии по трубопроводу на

расстояние свыше 7 км. При этом на опытно-промышленной установке испытываемая жидкость 30 раз (по количеству циклов) пропускалась через насос.

На рис.4.2 показано падение давления в трубопроводе, как функция скорости течения суспензии угольной мелочи с концентрацией твердого I3,6%. Из сравнения кривых видно, что в присутствии "Сепафлукса" при скорости, например, 3 м/с падение давления примерно в два раза меньше, чем в случае перекачивания суспензии без добавок флокулянта.

При транспортировании чистой воды эффект снижения падения давления за счет добавок флокулянта несколько выше, чем при перекачивании суспензии угольной мелочи. Объясняется это тем, что полимер воздействует исключительно на турбулентные виды течения, на потери же при трении между твердыми частицами флокулянт не влияет.

4.2. ТЕХНОЛОГИЯ РАСТВОРЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ

На практике используются две технологические схемы растворения флокулянтов. Одна из них - двухстадиальная: на первой стадии флокулянт растворяется до промежуточной концентрации I-0,3% вес., вторая стадия заключается в разбавлении промежуточного раствора до так называемых рабочих концентраций, выбираемых в зависимости от ряда условий в довольно широких пределах - от 0,2 до 0,005% вес.

В общем случае, чем выше молекулярная масса флокулянта и, следовательно, вязкость его растворов, тем меньше должна быть концентрация флокулянта на каждой стадии. Для флокулянтов отечественного производства рекомендуется получать промежуточные растворы с концентрацией порядка I% вес., рабочие - с концентрацией 0,05-0,I0% вес.

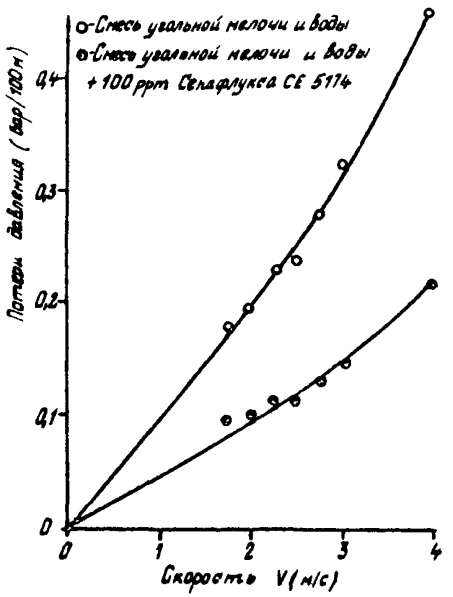


Рис.4.2. Сокращение сопротивления течению в присутствии Сепафлукса CE 5I74

Одностадиальная схема предусматривает растворение флокулянта сразу до рабочих концентраций.

Выбор одно- или двухстадиального варианта схемы растворения в значительной степени определяется свойствами флокулянта - главным образом. его молекулярной массой, вязкостью растворов и кинетикой растворения. Следует учитывать и фактор деструкции полимеров под влиянием механических воздействий перемешивающего органа: чем длиннее полимерная цепь и чем ниже концентрация раствора, в котором она находится, тем в большей степени при прочих равных условиях деструктируются макромолекулы.

Флокулянты с большой молекулярной массой, например, $5\text{-}10\cdot10^6$ при концентрации 0,5 и даже 0,3% образуют высоковязкие, плохо перемешивающиеся растворы, поэтому рабочие концентрации такого флокулянта не должны превышать 0,02-0,01%, в противном случае затрудняется равномерное распределение раствора повышенной вязкости в дестабилизируемой суспензии. Одностадиальная схема растворения такого флокулянта (при непрерывном условии бесперебойного снабжения обогатительной фабрики раствором в течение 15-20 часов) потребовала бы, во-первых, большого объема резервуара для перемешивания, так как разбавление производилось бы в один прием в 10 тыс.раз - от 100%-й концентрации до 0,01%-й; во-вторых, продолжительное перемешивание в периоды набухания и полного растворения (причем, до весьма малых концентраций) привело бы к разрушению полимерных цепочек, имеющих в данном случае сравнительно большие размеры.

При двухстадиальной схеме заранее приготовленный в небольшом баке для растворения промежуточный раствор разбавляется до рабочей концентрации отдельными порциями при кратковременном перемешивании.

Последнее обстоятельство позволяет сократить объем резервуаров для растворения и уменьшить деструкцию реагента.

При использовании флокулянтов с относительно небольшой молекулярной массой, быстро растворяющихся и образующих не слишком вязкие растворы, может быть применена одностадиальная схема.

Таким образом, выбор схемы растворения должен быть сделан с учетом не только характеристик применяемого флокулянта, но и требующихся его расходов, а также возможностей предприятия в отношении аппаратурного оформления процесса.

Для расчета необходимого количества исходного флокулянта при приготовлении растворов различной концентрации нужно пользоваться формулой

$$G = \frac{V \cdot C_p}{C_m} \qquad (4.1)$$

где G - количество товарного продукта, кг;

V - объем приготавливаемого раствора, м^3;

C_p - концентрация приготавливаемого раствора, %;

C_m - концентрация полимера в товарном продукте, %.

Определение требующегося количества полимера применительно к 1%-му раствору может быть произведено также с помощью таблицы 4.2.

При разбавлении, например, до 0,05%-й (рабочей) концентрации промежуточный (в данном случае 1%-й) раствор должен смешиваться с 19-кратным количеством воды, а при разбавлении до 0,10% - с 9-кратным, т.е. разбавляется в первом случае в 20 раз и во втором - в 10 раз.

Расчет объема рабочего раствора, вводимого в осветляемую суспензию (Q_p), может быть произведен по формуле

$$Q_p = \frac{q \cdot G_m}{60 \rho} \qquad (4.2)$$

где q - удельный расход флокулянта, определяемый предварительными экспериментами, г/т;

G_m - количество флокулируемого шлама, т/ч;

ρ - содержание 100%-го полимера в рабочем растворе, г/л (для 0,05%-го раствора ρ = 0,5 г/л; для 0,10%-го - 1,0 г/л).

В о д а для растворения флокулянтов может использоваться технического (непитьевого)качества при условии, если в ней не содержится взвешенных веществ. При увеличении содержания солей наблюдается нежелательное повышение вязкости получаемых растворов.

Присутствие в воде многовалентных ионов металлов снижает технологическую активность растворенных флокулянтов.

И н т е н с и в н о с т ь п е р е м е ш и в а н и я при растворении флокулянтов должна выбираться с таким расчетом, чтобы время растворения было минимальным, но одновременно сохранялась молекулярная структура полимеров, разрушающаяся при слишком больших скоростях вращения мешалки в устройствах для растворения. Рекомендуемые окружные скорости перемешивающего органа находятся в пределах 3÷10 м·с$^{-1}$ и уточняются экспериментально путем определения флокулирующей активности растворов, получаемых при различных режимах перемешивания. Должно быть исключено применение пропеллеров с острыми краями лопастей.

П р о д о л ж и т е л ь н о с т ь р а с т в о р е н и я кроме интенсивности перемешивания определяется также рядом других факторов. Решающее значение имеет форма выпуска флокулянтов. Полимеры, выпускаемые в виде высокодисперсных порошков, растворя-

Таблица 4.2

Необходимые количества товарного флокулянта (кг) для приготовления растворов (I%) на первой стадии растворения

Объем приготавливаемого раствора, $м^3$	Концентрация основного вещества в товарном продукте, %								
	6	8	35	40	50	55	60	90	I00
	Полиакриламид-гель		"Метас", гранулированный полиакриламид					"АК", импортные флокулянты	
0,5	83,3	62,5	I4,3	I2,5	I0	9,I	8,3	5,5	5,0
I,0	I66,6	I25,0	28,6	25,0	20	I8,2	I6,6	II,I	I0,0
2,0	333,2	250,0	57,2	50,0	40	36,4	33,2	22,2	20,0
3,0	499,8	375,0	85,8	75,0	60	54,6	49,8	33,3	30,0
5,0	833,0	625,0	I43,0	I25,0	I00	9I,0	83,0	55,5	50,0
6,0	999,6	750,0	I7I,6	I50,0	I20	I09,2	99,6	66,6	60,0

ются в течение 0,5-2 ч. Жидкие полимеры и эмульсии растворяются непосредственно в потоке воды и для увеличения их флокулирующей активности не требуется, как при растворении твердых флокулянтов, времени для созревания (выстаивания) полученных растворов, в течение которого происходит гидратация и распрямление макромолекул. Существенное влияние на продолжительность растворения оказывает температура воды, в которой растворение осуществляется.

В очень холодной воде продолжительность растворения резко возрастает. Нагрев до 60-80°С ускоряет процесс, но некоторые флокулянты при подаче их в горячую воду слипаются и образуют комки. Для таких полимеров оптимальной считается температура около 25°С. В общем случае при выборе температуры растворения следует пользоваться указаниями предприятия-изготовителя.

Окончание процесса растворения на практике часто определяется визуально, по отсутствию нерастворившихся набухших комочков флокулянта в пробе, отбираемой из приготавливаемого раствора. Более точно момент, соответствующий полному растворению, определяется путем измерения вязкости раствора: вначале по мере растворения флокулянта она повышается, а после окончания растворения становится постоянной.

С т а б и л ь н о с т ь р а с т в о р о в ф л о к у л я н т о в при хранении зависит от концентрации полимера и температуры, при которой растворы хранятся.

По данным японской компании "Саньё" снижение вязкости растворов, свидетельствующее о деструкции макромолекул, ускоряется с повышением температуры и снижением концентрации растворов (рис.4.3). Поэтому рекомендуется промежуточные растворы хранить не более нескольких дней, а рабочие растворы флокулянтов использовать в день их приготовления.

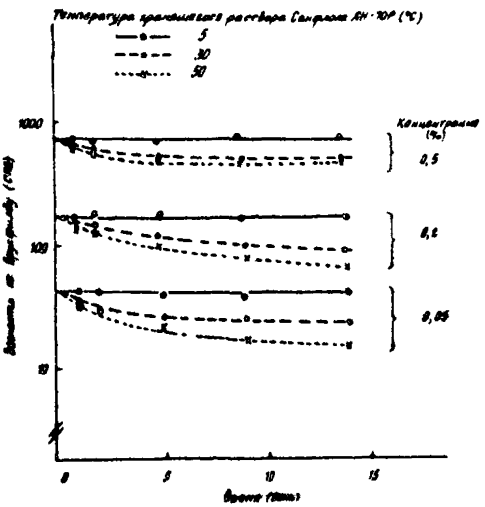


Рис.4.3. Изменение во времени вязкости растворов Санфлока различной концентрации в зависимости от температуры хранения

4.3. УСТРОЙСТВА И УСТАНОВКИ ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ

Аппаратурным оформлением в значительной степени определяется продолжительность процесса растворения, его трудоемкость и, главное, - эффективность действия получаемых растворов. На отечественных углеобогатительных фабриках для растворения флокулянтов используются в большинстве случаев т.н. "насосные мешалки", т.е. устройства, в которых вода с растворяемым в ней флокулянтом циркулирует, перемешиваясь, в контуре "резервуар-насос". Центробежные насосы, используемые для таких установок, благодаря большим градиентам скоростей, возникающим между статором и вращающейся турбинкой, разрушают макромолекулы флокулянтов. Иногда вместо насосных эксплуатируются пропеллерные мешалки, разрывающие макромолекулы острыми краями пропеллеров.

Основную часть поставок флокулянтов на углеобогатительные фабрики СССР, как уже отмечалось, пока еще составляет гелеобразный полиакриламид, загрузка которого в насосные и пропеллерные мешалки требует предварительного разделения на сравнительно небольшие куски (комки) высоковязкого и клейкого продукта, иначе он забьет патрубки и турбинки насосов, будет оседать на дно резервуаров для растворения, наматываться на вал перемешивающего органа и в итоге циркуляция комьев геля в резервуаре для растворения прекратится. Извлечение из тары и разделение геля на куски (комья) осуществляется вручную: липкость и высокая вязкость материала весьма затрудняют механизацию этой работы, тем более, что гель упаковывается в разнообразную тару - металлические и деревянные бочки, бумажные и пластмассовые мешки, ящики и т.д. Оба типа мешалок, - насосные и пропеллерные, - изготавливаются каждым предприятием для собственных

нужд самостоятельно, различных размеров и с разными техническими характеристиками.

Более совершенным устройством для растворения, конструкцией которого учитываются особенности отечественных флокулянтов, затрудняющие растворение, является созданный в ИОТТ и успешно испытанный в производственных условиях аппарат ЦДФ-4 [13].

Центробежный диспергатор флокулянтов, показанный на рис.4.4, с объемом резервуара 4 м^3 работает следующим образом.

Полиакриламид-гель загружается без предварительного измельчения в цилиндрический желоб 2, встроенный в емкость I с отражательными перегородками 5. Через отверстие в нижней части желоба флокулянт самотеком соскальзывает в нижнюю часть емкости и втягивается с потоком воды внутрь конического ротора 3 с сетчатой обечайкой. Вращение ротора осуществляется посредством электродвигателя 4. Под действием центробежной силы гель диспергируется, продавливаясь через сетчатую стенку ротора.

Преимуществом ЦДФ перед насосными и пропеллерными мешалками кроме его диспергирующего действия, ускоряющего растворение геля, является значительно меньшее деструктирующее влияние на макромолекулы растворяемого флокулянта.

Конструкции устройств для растворения флокулянтов, предлагаемые з а р у б е ж н ы м и фирмами, рассчитаны на высокодисперсные хорошо смачиваемые порошки - наиболее распространенную за рубежом форму выпуска водорастворимых полимеров.

В таких установках для растворения флокулянт-порошок вначале подается в диспергатор, в котором во избежание образования слизистых комков равномерно распределяется и смачивается, смешивается с потоком воды и поступает затем в емкость для растворения.

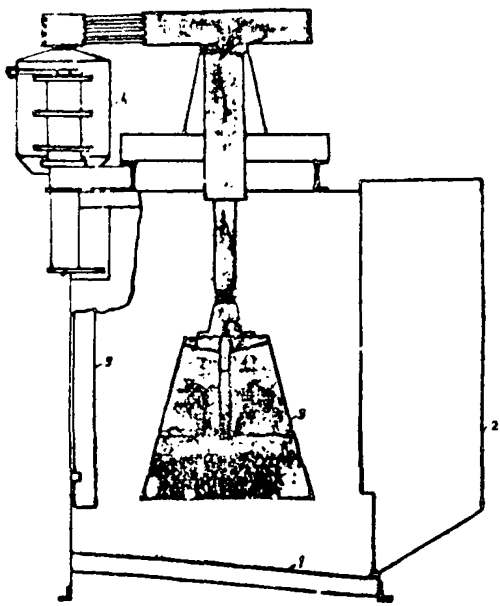


Рис.4.4. Центробежный диспергатор флокулянтов ЦДФ-4

Конструкция и схема разборки диспергатора японской фирмы "Саньё" показаны на рис.4.5. Давление воды, поступающей в диспергатор, - 0,3-0,5 кг/м^2; расход воды с помощью рукоятки 7 регулируется в пределах 50-100 л/мин.

Общий вид установки для растворения порошкообразных флокулянтов марок "Санфлок", выпускаемых фирмой "Саньё", показан на рис.4.6.

Ниже приводится рекомендуемая фирмой последовательность операций растворения.

- Взвешивается необходимое количество флокулянта.

- Наполняется водой до половины бак для растворения при открытом клапане В.

- Закрывается клапан В и приводится в действие мешалка.

- Открывается клапан А, вводится вода в диспергатор и одновременно подается флокулянт в воронку диспергатора.

- После введения всего количества флокулянта продолжается подача воды в бак до расчетного уровня с тем, чтобы получить раствор заданной концентрации.

Для анионактивных флокулянтов фирма "Саньё" рекомендует рабочую концентрацию 0,1% вес., для катионактивных - 0,2%. Перемешивание продолжается до полного растворения, фиксируемого по стабилизации вязкости раствора.

Воронкообразный диспергатор фирмы "Штокхаузен" (рис.4.7) состоит из воронки 2, снабженной двумя тангенциально подведенными патрубками: нижним 1, через который подается под давлением вода, и верхним 4, предназначенным для удаления ее избытка в случае переполнения воронки.

Порошкообразные флокулянты "Праестол", выпускаемые фирмой, равномерно подаются дозатором на внутреннюю поверхность воронки и

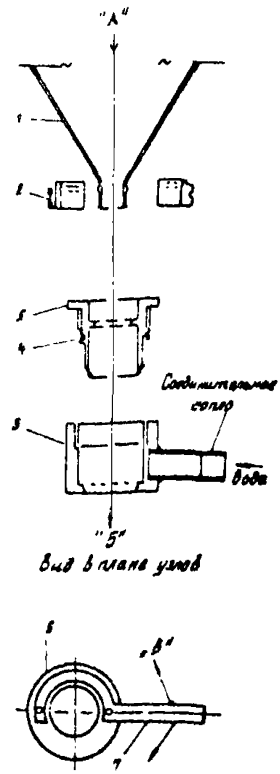


Рис.4.5. Узлы и схема разборки диспергатора фирмы "Саньё" (Япония)

I - воронка из полиэтилена диаметром 300 мм; 2 - фиксатор воронки (условно разделен на 2 части); 3 - основание диспергатора; 4 - круглое кольцо; 5 - устройство для регулировки расхода воды; 6 - узлы 3,4 и 5 в сборе; 7 - рукоятка; А - подача порошка; Б - выход раствора; В - увеличение расхода воды; Г - снижение расхода воды.

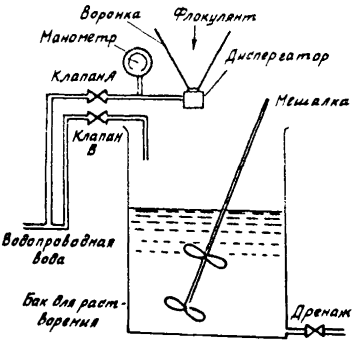


Рис.4.6. Установка для растворения флокулянтов фирмы "Саньё"

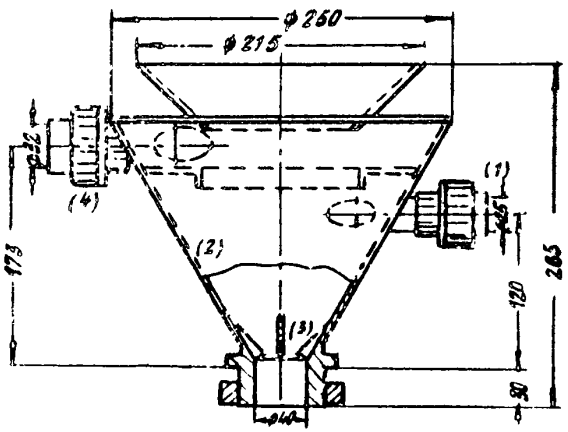


Рис.4.7. Диспергатор фирмы "Штокхаузен" (ФРГ)

увлекаются вращающейся на ней пленкой воды к выходному отверстию, где установлен рассекатель 3, турбулизующий поток и способствующий равномерному распределению и смачиванию флокулянта.

Установка периодического действия для растворения флокулянтов фирмы "Штокхаузен" показана на рис.4.8.

При запуске установки ее резервуар заполняется водой и по достижении определенного уровня под действием контактного электрода включается мешалка 6 и питающее устройство I. Подача заданного количества флокулянта контролируется таймером.

Необходимое количество воды для получения раствора определенной концентрации продолжает поступать в резервуар. Подача воды прекращается по сигналу, получаемому от электрода. Раствор перемешивается в резервуаре в течение определенного контролируемого времени и затем перекачивается в накопительный резервуар, после чего цикл повторяется.

Раствор для непосредственного использования отбирается из накопительного резервуара.

На рис.4.9 показана многокамерная установка для растворения флокулянтов непрерывного действия той же западногерманской фирмы "Штокхаузен".

Время растворения и созревания флокулянта в установке может изменяться от 30 до 60 мин.

В общем случае продолжительность растворения на установке в зависимости от марки флокулянта колеблется в пределах 40÷90 мин. Указанное время несколько сокращается для сильно анионных или сильно катионных флокулянтов, в молекулах которых имеется большое количество диссоциирующих функциональных групп; для слабо диссоциирующих анионных или катионных флокулянтов продолжительность растворения возрастает.

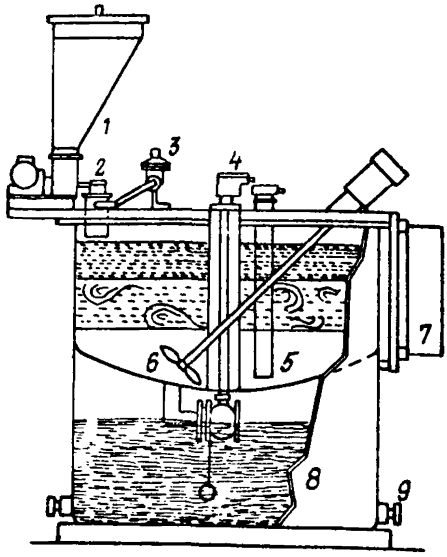


Рис.4.8. Однокамерная автоматизированная установка периодического действия для растворения флокулянтов фирмы "Штокхаузен" (ФРГ)

I - питающее устройство (например, бункер или шнековый питатель); 2 - устройство для смачивания (диспергатор); 3 - блок впуска воды (например, соленоидный клапан); 4 - привод запорного клапана на линии разгрузки; 5 - трубка электрода контроля уровня; 6 - мешалка; 7 - панель управления; 8 - контроль минимального уровня; 9 - патрубок дозирующего насоса.

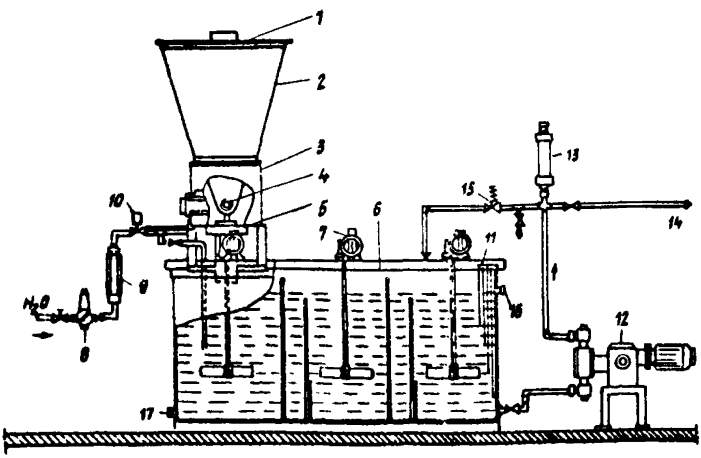


Рис.4.9. Многокамерная установка непрерывного действия для растворения флокулянтов фирмы "Штокхаузен" (ФРГ)

I - крышка; 2 - бункер; 3 - питающее устройство; 4 - шнековый питатель; 5 - устройство для смачивания; 6 - многокамерный резервуар; 7 - мешалка; 8 - клапан сброса давления; 9 - расходомер; I0 - соленоидный клапан; II - электроды контроля уровня; I2 - дозирующий насос; I3 - демпфер пульсаций насоса; I4 - линия отбора проб; I5 - клапан сброса давления; I6 - переливной патрубок; I7 - дренажный кран.

Еще один вариант схемы установки для растворения порошкообразных флокулянтов, используемой в зарубежных технологиях, показан на рис.4.10.

Дозируемое с помощью весов и питателя (например, шнекового типа) заданное количество флокулянта-порошка равномерно и постепенно подается на внутреннюю поверхность воронки диспергатора и увлекается пленкой воды, подаваемой в воронку одновременно с порошком. Попадая вместе с водой из воронки в емкость, порошок поддерживается там во взвешенном состоянии с помощью барботера и в течение определенного времени набухает и растворяется. Время растворения контролируется автоматически.

Задаваемая концентрация получаемого промежуточного раствора колеблется в пределах 0,3-1,0% вес., в зависимости от его вязкости, определяемой в свою очередь молекулярной массой и степенью диссоциации функциональных групп полимера.

Промежуточный раствор перекачивается поршневым насосом через фильтр в накопительную емкость. По мере необходимости раствор, отбираемый в дозируемых количествах из накопительной емкости, смешивается с определенным количеством воды и в качестве рабочего раствора с концентрацией 0,05-0,10% вес. через расходомер вводится в обрабатываемую суспензию. Каждая из операций растворения может быть автоматизирована.

Растворение некоторых порошкообразных флокулянтов, в частности, фирмы "Саньё", может выполняться и без диспергатора. В этом случае предварительно взвешенное количество флокулянта вводится непосредственно в бак для растворения, предварительно заполненный до половины водой.

Порошок подается равномерно небольшими порциями на края воронки, образующейся при вращении мешалки. Загрузку флокулянта следует

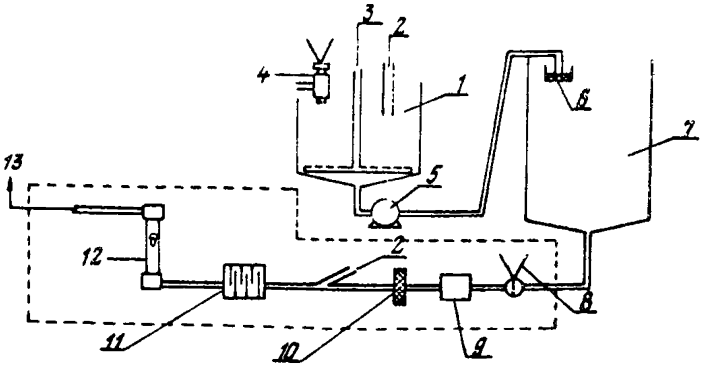


Рис.4.10. Вариант схемы установки для растворения порошкообразных флокулянтов

I - емкость для растворения; 2 - подача воды; 3 - барботаж; 4 - диспергатор; 5,9 - поршневые насосы; 6,10 - фильтры; 7 - накопительная емкость; 8 - мерный конус; 11 - узел смешения разбавляемого раствора с водой; 12 - расходомер; 13 - подача рабочего раствора флокулянта.

закончить ранее, чем раствор достигнет максимальной вязкости, при которой будут возникать слизистые комки набухшего, но не растворившегося флокулянта. После окончания загрузки бак доливается водой до уровня, необходимого для получения раствора заданной концентрации и мешалка остается включенной, пока растворение не закончится полностью.

4.4. ДОЗИРОВАНИЕ И СМЕШИВАНИЕ РАСТВОРОВ ФЛОКУЛЯНТОВ С СУСПЕНЗИЕЙ

При транспортировке и дозировании растворов необходимо соблюдать те же меры предосторожности, как и при их перемешивании в процессе приготовления: избегать механических воздействий, деструктирующих макромолекулы. Поэтому для подачи растворов к месту смешивания их с суспензией должны применяться диафрагмовые, поршневые или плунжерные насосы. Использование различных конструктивных модификаций насосов центробежного действия нежелательно из-за возникающих в них срезывающих усилий, разрушающих полимерные цепочки.

При введении растворов в суспензию следует учитывать, что адсорбция водорастворимых полимеров на твердых частицах происходит чрезвычайно быстро. Поэтому необходимо практически мгновенно и равномерно распределять флокулянты в обрабатываемой дисперсной системе.

Следует избегать повышенных механических нагрузок также на образующиеся при контакте раствора с дисперсной фазой флокулы и в то же время обеспечивать эффективное перемешивание потока суспензии в точке подачи флокулянта и в зоне непосредственно после этой точки.

В ряде случаев рационально подавать флокулянт одновременно в несколько точек обрабатываемой суспензии (т.н. дробная подача).

Выбор конкретного способа подачи флокулянта зависит от особенностей процесса обработки, которой подвергается суспензия. Например, при отстаивании в сгустителях флокулянт можно вводить непосредственно в трубу или желоб, подводящие питание к аппарату: сравнительно большое время прохождения суспензии через резервуар сгустителя вполне достаточно для формирования флокул. При более динамичных процессах - таких, как разделение фаз в осадительных центрифугах, возникает необходимость в специальных смесителях, оборудованных лопастными мешалками или центробежного типа, в которых флокулянт, диспергируемый с помощью форсунки, подается на тонкий слой суспензии, вводимой тангенциально на внутреннюю поверхность расположенной вертикально цилиндрической стенки смесителя.

Оптимальные условия перемешивания, в частности, его интенсивность зависят от свойств суспензии (концентрация твердого; размеры, плотность и поверхностные свойства частиц; pH жидкой фазы и др.) и флокулянта (молекулярная масса, заряд функциональных групп и др.) и могут быть уточнены лишь опытным путем.

На рис.4.II-4.I4, взятых из различных информационных материалов, показаны варианты введения растворов флокулянта в обрабатываемую суспензию.

На рис.4.I5 из технического бюллетеня японской компании "Саньё" показана зависимость скорости осаждения флокул от интенсивности перемешивания суспензии с флокулянтом. Для каждого из двух испытываемых флокулянтов, как видно из приведенных на рисунке кривых, существуют оптимальные условия перемешивания, характеризуемые в данном случае кратностью инверсии потока.

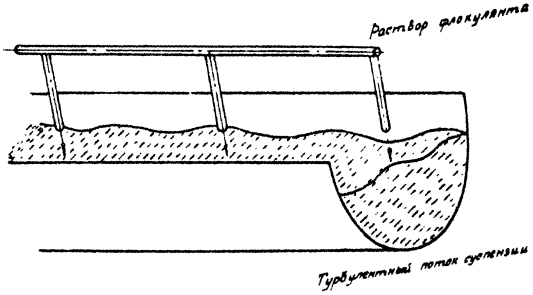


Рис.4.11. Дробная дозировка флокулянта вдоль течения потока

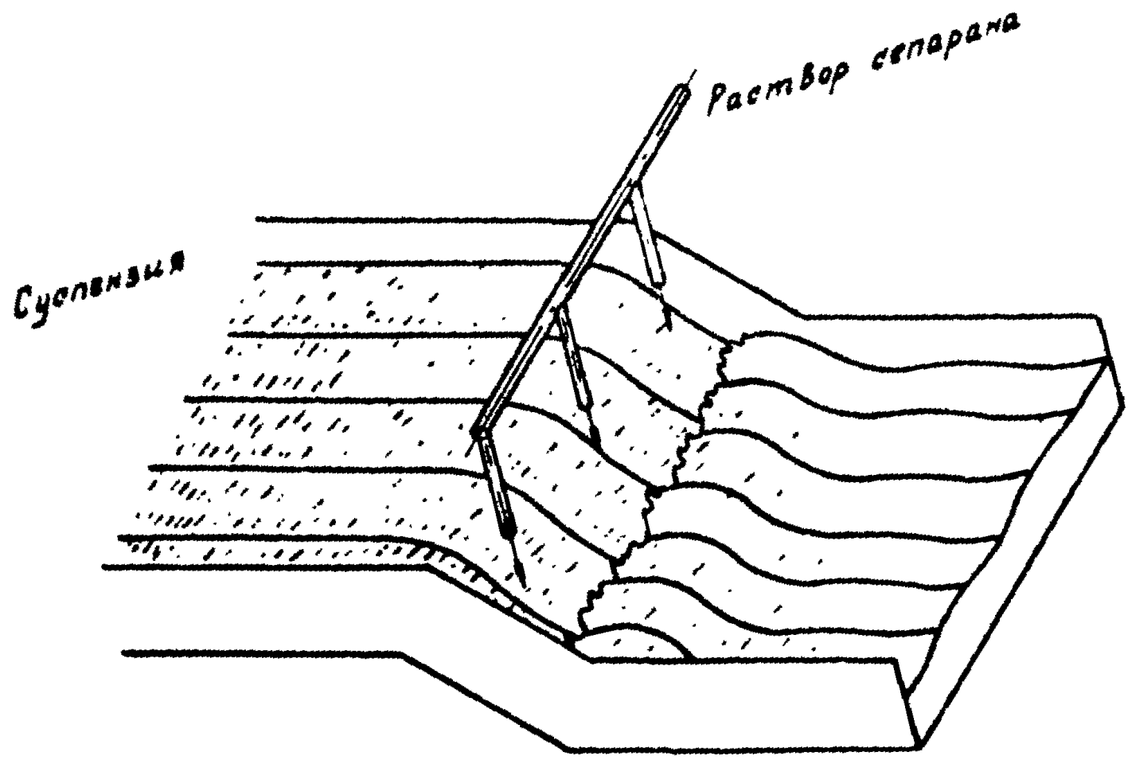


Рис.4.I2. Дробная дозировка флокулянта по поперечному сечению потока

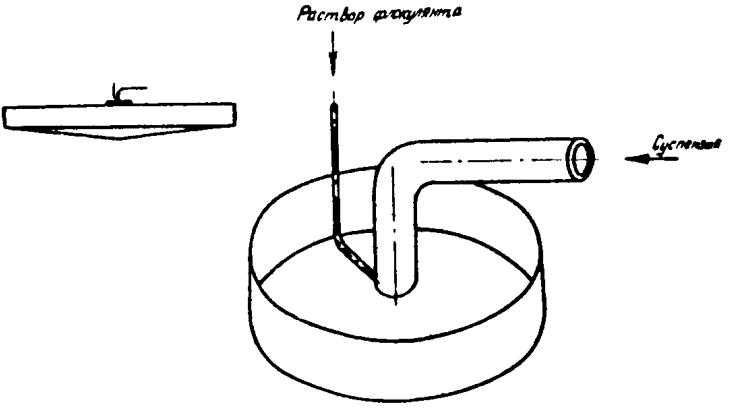


Рис.4.I3. Подача флокулянта в питающую трубу радиального сгустителя

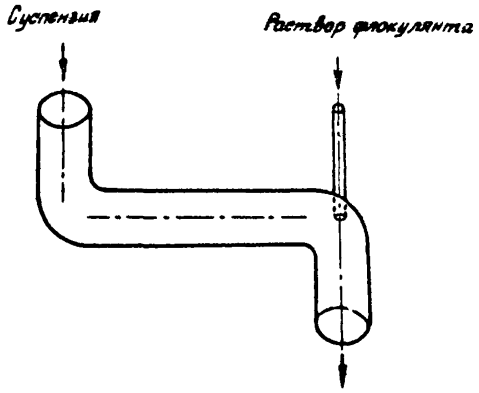


Рис.4.I4. Вариант подачи раствора в зону флокуляции

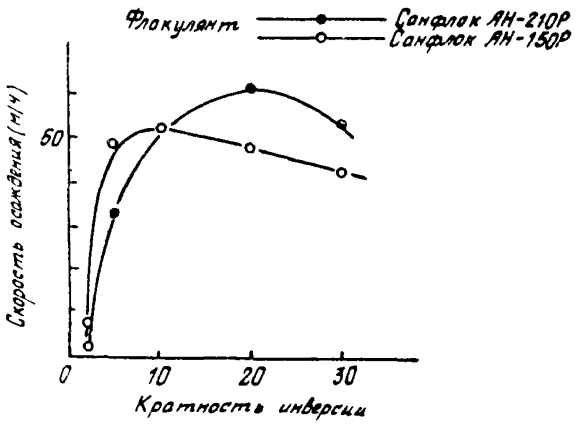


Рис.4.I5. Загисимость скорости осаждения флокул от продолжительности перемешивания суспензии

4.5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ

Целью лабораторных испытаний в общем случае является:

- Выбор наиболее подходящего флокулянта для той или иной технологической операции.

- Примерное определение расходов выбранного флокулянта для промышленных условий (см. табл.4.2 и формулы 4.1 и 4.2) и зависящих от указанных расходов объемом емкостей, производительности насосов, входящих в установку для приготовления растворов флокулянтов.

- Получение исходных данных для расчета производительности и размеров сгустительного и обезвоживающего оборудования и вероятных показателей работы этого оборудования.

- Проверка в необходимых случаях качества получаемых и хранимых на предприятии флокулянтов.

Перед началом испытаний подготавливается необходимое количество проб шламовых суспензий для всего намечаемого объема опытов. Это делается для обеспечения сопоставимости получаемых результатов.

Особое значение для представительности результатов имеет промежуток времени между отбором проб и началом их исследований. Шламы, особенно глинистые, со временем размокают, могут изменяться электрические свойства и окисленность их поверхности. Поэтому рекомендуется производить испытания проб непосредственно после их отбора.

Если пробы доставляются в лабораторию в виде сухих шламов, они должны быть отобраны в количестве, достаточном для выполнения всей серии опытов, вся проба тщательно перемешана и разделена до начала испытаний на отдельные, одинаковые по качеству навески с массой, требующейся для получения суспензии в объеме, соответст-

вующем емкости одного цилиндра, в котором осуществляются флокуляция и наблюдения.

Подготовка растворов для лабораторных испытаний по флокуляции суспензий осуществляется в две стадии: сначала флокулянт в зависимости от его молекулярной массы и вязкости растворяется до 1,0-0,3%-й концентрации, затем полученный т.н. основной раствор по мере надобности разбавляется до рабочих концентраций, порядка 0,05%.

Если используются порошкообразные быстрорастворимые флокулянты, они подаются малыми порциями на поверхность воды, перемешиваемой в сосуде с помощью механического перемешивающего устройства или вручную, деревянной или стеклянной лопаточкой. Например, в стакан емкостью 1000 мл заливается 500 мл воды, которая размешивается мешалкой диаметром 35-50 мм, делающей около 750 об/мин. Взвешенное количество флокулянта-порошка постепенно небольшими дозами засыпается с листа бумаги или стеклянной пластинки в перемешиваемую воду. При быстром всыпании порошка образуются плохо растворимые комки.

Подготовленный раствор не должен содержать сгустков набухшего, но не растворившегося флокулянта или каких-либо иных посторонних включений.

Гранулированные или гелеобразные флокулянты предварительно подвергаются набуханию при периодическом перемешивании, а затем растворяются. Для растворения таких флокулянтов могут быть использованы лабораторные магнитные мешалки или механические, за исключением лопастных.

Промежуточные (концентрированные) растворы хранятся в плотно закрывающихся сосудах, в темноте. Срок хранения – до 7-10 дней.

После разбавления получаемые рабочие растворы рекомендуется использовать в тот же день.

Метод лабораторных испытаний флокулянтов должен соответствовать предполагаемой технологии их использования в производственных условиях, которая может заключаться в осаждении и осветлении суспензий в различного рода сгустителях, либо в обезвоживании осадков на вакуумных и пресс-фильтрах, либо - в обработке на осадительных центрифугах с целью разделения фаз сфлокулированных суспензий.

Применительно к первой из названных технологий - осаждение и осветление суспензий - испытания осуществляются в мерных стеклянных цилиндрах объемом 0,5 л. До начала испытаний на наружную поверхность цилиндра наносят две метки (сделать это можно с помощью резиновых колец) на расстоянии 100 мм друг от друга.

Верхняя отметка в цилиндре устанавливается несколько ниже свободной поверхности жидкости с таким расчетом, чтобы на подходе к ней граница, разделяющая осветленный слой жидкости и седиментирующие флокулы, успела полностью сформироваться и стала четкой. Нижняя отметка должна быть вне зоны компрессии (уплотнения) образующегося осадка, быть несколько выше ее.

Раствор флокулянта вводится пипеткой непосредственно на поверхность жидкости в цилиндре в количестве, соответствующем планируемым удельным дозировкам. Объем вводимых доз зависит также от концентрации рабочих растворов флокулянта и от емкости цилиндра, в котором проводятся испытания. В табл.4.3 приведены в качестве примера расчетные дозировки 0,05%-го раствора, отнесенные к цилиндру емкостью 0,5 л.

Существует для данной суспензии некая минимальная доза, ниже которой флокуляция не происходит, и максимальная доза, превышение

Таблица 4.3

Дозировки 0,05%-го раствора флокулянта на 0,5 л суспензии, $см^3$ (в зависимости от концентрации твердого в суспензии и заданных удельных расходов флокулянтов)

Содержание твердого, кг/м³ / Удельный расход флокулянта, г/т	I0	20	30	40	50	60	70	80	90	I00	I50	200
I0,0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	I,0	I,5	2,0
20,0	0,2	0,4	0,6	0,8	I,0	I,2	I,4	I,6	I,8	2,0	3,0	4,0
30,0	0,3	0,6	0,9	I,2	I,5	I,8	2,I	2,4	2,7	3,0	4,5	6,0
40,0	0,4	0,8	I,2	I,6	2,0	2,4	2,8	3 '	3,6	4,0	6,0	8,0
50,0	0,5	I,0	I,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	7,5	I0,0
I00,0	I,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8 0	9,0	I0,0	I5,0	20,0
I50,0	I,5	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	I0,5	I2,0	I3,5	I5,0	22,5	30,0
200,0	2,0	4,0	6,0	8,0	I0,0	I2,0	I4,0	I6,0	I8,0	20,0	30,0	40,0

которой не приводит к возрастанию скорости осаждения.

Сразу после подачи флокулянта суспензия в цилинд перемешивается путем опрокидывания цилиндра, если суспензия образует непрочные, легко разрушающиеся флокулы, или с помощью перфорированного диска, закрепленного на длинном стержне (т.н. плунжерная мешалка), если флокулы более прочные или суспензия имеет агрессивный характер и повышенную температуру. При опрокидывании цилиндр плотно прикрывается ладонью. Число опрокидываний в течение одной серии испытаний должно быть постоянным (обычно 5-8 опрокидываний).

Метод опрокидывания можно механизировать, если установить несколько цилиндров на вращающемся штативе и закрывать их после добавления флокулянтов пробками. При таком способе необходимо максимально сократить время между подачей флокулянта в каждый из цилиндров, установленных на штативе.

Перемешивание плунжерной мешалкой осуществляется вручную путем возвратно-поступательного движения перфорированного тонкого диска плунжера, закрепленного на стержне, по всей высоте цилиндра. Количество и скорость возвратно-поступательных движений (обычно 6-10) во всех сравниваемых опытах должно быть одинаковым.

Если используются суспензии с очень небольшим содержанием твердого вещества, у которых граница разделения фаз выражена нечетко, то время перемешивания опрокидыванием или плунжерной мешалкой после добавления флокулянта должно быть увеличено до нескольких минут, чтобы обеспечить связывание всех твердых частиц во флокулы.

После окончания перемешивания, возникновения границы раздела фаз и достижения ею верхней метки начинают фиксировать с помощью

секундомера через определенные промежутки времени, зависящие от скорости седиментации флокул, изменения высоты столба осветленной жидкости в цилиндре.

Замеры проводятся до момента, в который граница раздела фаз достигнет нижней метки на поверхности цилиндра.

По данным замеров строят вспомогательный график "высота столба осветленной жидкости - время", который затем используется для определения средней скорости седиментации сфлокулированной суспензии при данном расходе флокулянта. Затем проводится несколько опытов с последовательно возрастающими дозировками испытываемого флокулянта и на основании величин вредних скоростей осаждения, соответствующих различным расходам флокулянта, строят итоговый график "средняя скорость осаждения - расход флокулянта". Для сравнения проводят т.н. базовые опыты, регистрируя скорость осаждения испытываемой суспензии без применения флокулянта. Основываясь на полученных результатах, выбирают дозировки, требующиеся в производственных условиях для оптимизации работы сгустителей, или рассчитывают необходимые площади сгущения, если предприятие проектируется или реконструируется.

Используя для дальнейших наблюдений те же цилиндры со сфлокулированной суспензией, можно определить содержание твердого в осадке при различных расходах флокулянта после того, как процесс его уплотнения закончится.

На практике такой момент наступает спустя несколько часов после начала уплотнения. Зная начальное содержание твердого в испытываемой суспензии и соотношения высот осветленной жидкости и сгущенного осадка после окончания уплотнения, можно без дополнительных анализов определить содержание твердого в осадке. Оно во

столько раз превышает начальную концентрацию твердого, во сколько раз высота (или объем) уплотнившегося осадка меньше общей высоты (или объема) суспензии в цилиндре.

Кроме скоростей осаждения и содержания твердого в осадке в опытах фиксируется также оптическая плотность осветленного слоя жидкости. Делается это с помощью фотоколориметра или визуально.

Испытания флокулянтов в качестве вспомогательного средства при фильтровании могут проводиться с использованием погружного фильтрующего элемента (рис.4.I6). Обтянутый фильтровальной тканью и подключенный к всасывающему трубопроводу элемент погружают в сосуд, наполненный взвесью, предварительно обработанной флокулянтом. В течение заданного времени элемент остается во взвеси, после чего его вынимают и переворачивают так, чтобы слой отфильтрованного осадка на ткани оказался вверху.

В этом положении вакуум еще некоторое время продолжает действовать на осадок (что соответствует периоду просушки на промышленном вакуум-фильтре). По окончании дополнительного отсасывания осадок снимают с ткани, взвешивают и просушивают для определения содержания в нем воды.

При этом методе испытаний должны быть зарегистрированы следующие данные: величина разряжения во время фильтрации и просушки, объем фильтрата, как функция времени фильтрования, содержание твердого в фильтрате, толщина слоя осадка, его влажность, а также гранулометрические характеристики исходной взвеси и осадка. В принципе этот метод моделирует отдельные стадии, осуществляемые на вращающемся барабанном или дисковом вакуум-фильтре.

Испытания флокулянтов в качестве интенсифицирующего средства при центрифугировании сводятся к проверке прочности флокул, образующихся при добавлении флокулянта к суспензии.

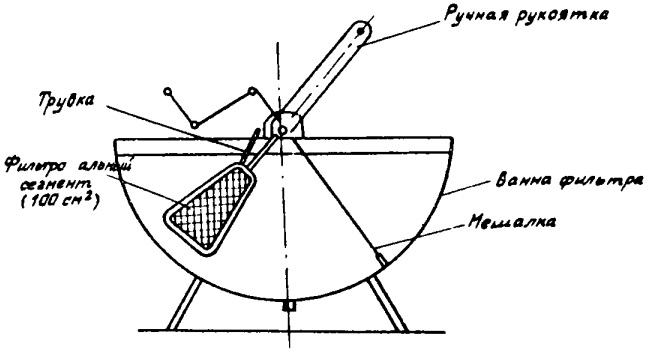


Рис.4.I6. Фильтровальная установка для лабораторных испытаний флокулянтов

К пробе добавляют флокулянт и перемешивают ее с помощью стержневой или какой-либо иной мешалки.

По истечении задаваемого времени перемешивания суспензию подают на стандартное сито с отверстиями, например, 0,3 мм.

Измеряют объем фильтрата, проходящего через сито в единицу времени, и количество содержащихся в нем твердых веществ. Последний показатель является относительным индикатором прочности флокул, образуемых изменяющимися дозировками различных флокулянтов. Однако, как и в любом другом случае результаты лабораторных исследований должны пройти апробирование в промышленных условиях, так как дают лишь относительные характеристики, не моделируя многих условий производственных процессов, в частности, их непрерывность.

Оборудование для проведения лабораторных испытаний:

- Мерные стеклянные цилиндры емкостью от 500 мл и мерные стаканы емкостью от 500 до 1000 мл.

- Мешалка дисковая из нержавеющей стали или пластмассы.

Примерная характеристика мешалки:

Диаметр диска	- на 2 мм меньше внутреннего диаметра цилиндра
Толщина диска	- 2 мм
Диаметр отверстий в диске	- 2 мм
Число отверстий в диске	- 22-25
Диаметр стержня	- 3-5 мм
Длина стержня	- на 200 мм больше высоты цилиндра

- Пипетки мерные, градуированные емкостью 0,1-10 мл.

- Весы технические марки ВЛТ (до 1 кг).

- Секундомер.

- Магнитная мешалка типа ММ-3 и мешалки с электроприводом стержневые или импеллерные, пригодные для размешивания растворов в химических стаканах емкостью до I л.

- pH метр-340.

- Фильтровальная установка.

- Фотоэлектроколориметр марки ФЭК-56 МТ.

Данные, полученные при лабораторных испытаниях, могут быть использованы, в частности, при расчете основных конструктивных параметров (объемов емкостей) установок для растворения флокулянтов и необходимых размеров сгустительных устройств. Схемы таких расчетов приводятся ниже.

Технологический расчет сгустителя заключается, главным образом, в определении необходимой площади свободной поверхности жидкости в его резервуаре (т.н. поверхности осаждения) при той или иной степени сгущения осадка. Используемые для технологического расчета элементы теории основаны на допущении, что процесс осаждения твердых частиц в сгустителе с достаточной степенью точности воспроизводится при осаждении шлама в лабораторных цилиндрах по методу Коу и Кливенджера (иногда называемому также методом Дорра). На основании опытных данных подсчитывают удельные площади осаждения, соответствующие различным разбавлениям сгущаемой суспензии и скоростям ее осаждения:

$$f_1 = \frac{R_1 - R_k}{U_1}\ ;\quad f_2 = \frac{R_2 - R_k}{U_2}\ ;\ \ldots\ f_n = \frac{R_n - R_k}{U_n} \qquad (4.3)$$

где $f_1, f_2, \ldots f_n$ - удельные площади осаждения, $т/(м^2 \cdot ч)$;

$R_1, R_2, \ldots R_n$ - начальные отношения Ж:Т (разбавления) в пробах сгущаемой суспензии, $м^3/т$;

$U_1, U_2, \ldots U_n$ - соответствующие указанным разбавлениям средние скорости движения твердых частиц в зоне коллективного

(свободного и равномерного) осаждения, м/ч;

$R_к$ - конечное разбавление, которое не должно быть меньше разбавления, определенного опытным путем для осадка в зоне компрессии цилиндра, м³/т. Конечным считается такое разбавление (сгущения) осадка, при котором высота зоны компрессии в цилиндре не меняется в течение нескольких часов.

При расчете необходимой площади осаждения из всех полученных значений принимают максимальные. Рекомендуется в формулы (4.3) вводить коэффициент полезного действия сгустителя Ψ, представляющий собой отношение эффективно используемой площади к общей его площади. Для сгустителей малых размеров принимается $\Psi = 0{,}5 \div 0{,}6$; для сгустителей больших размеров $\Psi = 0{,}7 \div 0{,}8$. Таким образом, удельная площадь осаждения рассчитывается по формуле

$$f = \frac{R_x - R_к}{U_x \Psi} \qquad (4.4)$$

где R_x и U_x - соответственно разбавление суспензии и скорость ее свободного осаждения, при которых из формулы (4.3) получается максимальное значение f.

Зная объемную нагрузку на сгуститель и содержание твердого в исходной суспензии, можно определить необходимую общую площадь осаждения сгустителя $F_{сг}$ (в м²)

$$F_{сг} = \frac{Q_{сг} \cdot T \cdot f}{1000} = \frac{Q_{сг} \cdot T}{1000} \cdot \frac{R_x - R_к}{U_x \cdot \Psi} \qquad (4.5)$$

где $Q_{сг}$ - объемная нагрузка на сгуститель, м³/ч;

T - содержание твердого в исходной суспензии, кг/м³.

Примеры технологического расчета сгустителя приведены в работе [10, стр.56].

Расчет основных конструктивных параметров установки для растворения флокулянтов.

Объем резервуара для растворения I (см. рис.4.I0) определяется, исходя из потребности во флокулянтах данного предприятия, зависящей в свою очередь от количества обрабатываемой суспензии и удельного расхода полимера в пересчете на объем промежуточного раствора. Оптимальным считается такой объем резервуара I, чтобы загрузку и растворение флокулянта нужно было производить не чаще одного раза в сутки.

Пример расчета.

Флокулянт подается в радиальный сгуститель отходов флотации. Выход отходов на ОФ - 30 т/ч. Удельный оптимальный расход флокулянта, предварительно установленный путем лабораторных исследований, - 40 г/т. Следовательно, в час нужно подать в сгуститель: 30 х 40 = I200 г, а в сутки при двухсменной работе ОФ под нагрузкой: $\frac{I200 \cdot I6}{I000}$ = I9,2 кг флокулянта.

В I м^3 I%-го промежуточного раствора содержится I0 кг полимера (в пересчете на I00%-й продукт). Поэтому в сутки потребуется: $\frac{I9,2}{I0}$ = I,92 м^3.

Объем резервуара для растворения, с учетом того, что его полезная емкость меньше геометрического объема, следует принять для данного предприятия 3 м^3.

После растворения содержимое резервуара I перекачивается в накопительную емкость 7, объем которой в 2-3 раза должен превышать объем резервуара I.

Из емкости 7 промежуточный раствор в дозируемых количествах

смешивается в определенной пропорции с водой (например, I:20) и поступает в процесс (см. рис.4.I0).

Если по условиям предприятия вторая стадия приготовления (разбавление промежуточного раствора до рабочей концентрации) осуществляется не непрерывно, а путем периодического смешения отдельных порций промежуточного раствора с водой в специальном резервуаре, то объем такого резервуара рекомендуется принимать примерно в I0 раз большим, чем объем резервуара для растворения исходного флокулянта, т.е. в данном случае 30 $м^3$. При этом количество резервуаров для второй стадии растворения (разбавления) должно обеспечивать непрерывное снабжение ОФ флокулянтом.

П р и м е р.

Расход флокулянта, как было показано в предыдущем примере расчета, составляет I200 г/ч. В I $м^3$ рабочего раствора 0,05%-й концентрации содержится 500 г флокулянта. Следовательно, в процесс необходимо подать: $\frac{I200}{500}$ = 2,4 м/ч рабочего раствора. Приготовленных (в ремонтную смену) 30 $м^3$ рабочего раствора хватит на: $\frac{30}{2,4}$ = I2,5 часов, т.е. менее, чем на две технологические смены. Нужна вторая такая же емкость, в которой будет приготавливаться рабочий раствор в течение того времени, пока раствор из первой 30-кубовой емкости будет поступать в радиальный сгуститель.

Время на перемешивание промежуточного раствора с водой при разбавлении его до рабочей концентрации следует принимать 0,5-I ч. Способ перемешивания - барботаж сжатым воздухом.

Количество и объемы емкостей на второй стадии растворения должны варьироваться в зависимости от требующихся расходов флокулянта и других условий (наличие свободных площадей и объемов в производственных помещениях и т.д.) данного предприятия.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

При использовании флокулянтов для интенсификации процессов осветления, сгущения и обезвоживания угольных суспензий на обогатительных фабриках могут возникнуть некоторые побочные технологические явления.

В частности, присутствие в оборотной воде остаточных количеств неадсорбированного флокулянта в принципе может оказаться небезразличным для протекания элементарного акта пенной флотации угольных шламов.

Относительно влияния полимерных флокулянтов на флотацию высказываются различные, иногда взаимно исключающие мнения [I3-I9]. Анализируя имеющиеся данные, можно выделить группу явлений, имеющих место в процессе флотации, осуществляемой в присутствии полимеров.

- Изменение гранулометрического состава шлама в связи с образованием флокул.

- Возникновение механической (мостиковой) связи между сфлокулированными частичками угля и породы.

- Гидрофилизация поверхности угольных частиц за счет полярных групп адсорбированных молекул полимера.

- Изменение электрокинетического потенциала поверхности флотируемых частиц в связи с адсорбцией флокулянтов.

- Блокирование полимерами доступа флотореагентов к адсорбционным центрам на поверхности флотируемых частиц.

Степень влияния этих явлений на показатели процесса зависит от продолжительности контакта со шламом и концентрации флокулянта.

Исследуя влияние в р е м е н и, чешский иссле, ватель М.Дочкал группирует условия контакта флокулянта со шламом следующим образом:

- прямое и мгновенное действие, когда флокулянт подается непосредственно во флотационную камеру;

- прямое и длительное действие на угольную поверхность в том случае, если флокулянт подается в шламовый цикл перед флотацией и поэтому находится в длительном контакте с поверхностью угольных частиц (например, если флокулянт вводится в радиальный сгуститель суспензии, направляемой на флотацию);

- косвенное действие, когда для флотации используется осветленная вода, полученная с применением флокулянта в звеньях водно-шламовой системы, не входящих непосредственно во флотационное отделение.

Экспериментально установлено, что при любых дозировках полимера, подаваемого одновременно с флотореагентом (прямое мгновенное действие), результаты флотации ухудшаются, падает выход флотоконцентрата. При дозировке до 3 г/т и длительном контакте флокулянта со шламом до начала флотации (прямое и длительное действие) выход флотоконцентрата возрастает, достигая оптимума в опытах с 30-минутным интервалом между подачей флокулирующих и флотирующих реагентов. Увеличение дозировок флокулянта ухудшает показатели флотации.

Применение осветленной флокулянтами воды в качестве всего объема жидкой фазы флотируемой суспензии неблагоприятно сказывается на флотации при всех исследованных дозировках полиакриламида и одного из метакриловых флокулянтов чехословацкого производства.

Лишь небольшое количество экспериментов, в которых суспензия

длительное время перемешивалась с флокулянтом, дало положительные результаты. Можно предположить, что в данном случае позитивным фактором явилась деструкция макромолекул и предварительное разрушение флокул импеллером флотомашины.

При времени контакта полимера со шламом, измеряемом сутками, отрицательное влияние флокулянтов может усиливаться в связи с окислением и, следовательно, дополнительной гидрофилизацией твердой поверхности.

К о н ц е н т р а ц и я ф л о к у л я н т а в водах, циркулирующих на ОФ, может колебаться в довольно широких пределах и зависит не только от начальных количеств полимеров, вводимых в процесс, но также и от степени их адсорбции на шламе и замкнутости водно-шламового цикла. В практике работы ОФ именно концентрация полимеров является переменной и в то же время определяющей величиной во взаимодействии флокулянтов с флотацией. Остальные факторы являются либо функцией концентрации (гидрофилизация, изменение электрокинетического потенциала и насыщенность адсорбционных центров поверхности твердых частиц, возникновение флокул), либо представляют собой постоянную величину - такую, как, например, время и характер (прямой или косвенный) контакта флокулянта со шламом.

Влияние этого основного показателя - концентрации флокулянта - на флотацию шламов экспериментально исследовалось в ИОТТ. Моделировались условия контакта флокулянта с флотируемым шламом, имеющие место на ОФ: вначале в воду подавался раствор флокулянта, затем шлам, после 5 минут перемешивания суспензии - собиратель и еще через 2 мин. - пенообразователь.

Результаты флотации оценивались по ряду отдельных параметров:

выходу и зольности продуктов, содержанию твердого в пенном продукте и его объему, времени флотации и по интегральному показателю - т.н. коэффициенту эффективности, предложенному М.В. иперовичем.

Статистическая обработка многочисленных опытов показала, что ухудшение показателей флотации в размерах, превышающих возможные их колебания, обусловленные неоднородностью питания или нарушениями реагентного режима, наступают при концентрациях полиакриламида в жидкой фазе флотируемой пульпы порядка 3-5 г/м^3. Расчеты же показывают, что для наиболее часто встречающихся вариантов водно-шламовых систем ОФ, при которых флокулянт используется лишь в качестве интенсификатора процесса осветления суспензии отходов флотации в радиальных сгустителях, равновесные остаточные концентрации флокулянтов в циркулирующей (и попадающей на флотацию) воде составляют десятые и сотые доли г/м^3. И лишь при использовании методов, требующих повышенных расходов флокулянта порядка 200-400 г/т (например, при центробежно-флокуляционном методе обработки отходов флотации) равновесные концентрации флокулянтов в оборотной воде могут достичь порядка нескольких г/м^3, причем только в случае полностью замкнутого водно-шламового цикла.

Опытным путем установлено также, что кроме условий контакта с флотируемым шламом и концентрации полимера большое влияние на взаимодействие элементов системы "шлам-флотореагент-воздушный пузырек" оказывает м о л е к у л я р н а я м а с с а адсорбирующегося на твердой поверхности флокулянта.

При более высокой молекулярной массе увеличивается длина простирающейся в жидкую фазу адсорбированной полимерной цепочки, несущей гидрофильные боковые группы. Следствием этого является

увеличение толщины гидратной оболочки у твердой поверхности и ухудшения условий прилипания воздушного пузырька к поверхности частиц шлама. Таким образом, низко- и среднемолекулярные флокулянты типа полиэтиленимина, Метаса, ВПК в меньшей степени депрессируют флотацию, чем высокомолекулярные полиакриламиды.

Не исключается возникновение на ОФ таких технологических условий, при которых потребуется применение повышенных количеств высокомолекулярных флокулянтов. Равновесные концентрации флокулянтов в оборотной воде в этом случае могут возрасти до пределов, вызывающих ощутимое ухудшение показателей флотации. В такой ситуации поток воды, держащей неадсорбированный флокулянт (например, сливы сгустителей, центрифугаты или фильтраты), рекомендуется направлять по схеме, при которой на пути к флотоустановке он мог бы контактировать с крупными классами угля, могущими без вреда для процесса обогащения (например, отсадки) адсорбировать растворенный флокулянт.

В заключение следует подчеркнуть, что флокулянты применяются (и это необходимо) на углеобогатительных предприятиях всех развитых стран мира и при систематическом контроле за их дозированием и правильной организацией водно-шламовых потоков не только не оказывают отрицательного воздействия на флотацию, но стимулируют ее, способствуя своевременному удалению илов из системы и предотвращая попадание илистых шламов во флотомашины.

В некоторых технологиях, например, при обогащении сильвинитовых руд флокулянты находят применение в качестве активаторов флотации, обеспечивая извлечение в пенный продукт наиболее высокодисперсных ценных компонентов [20].

Агрегируя отдельные мелкие частицы во флокулы, полимерные фло-

кулянты интенсифицируют работу сгустительных устройств, используемых при глубоком осветлении оборотной воды. В большинстве случаев на ОФ для этой цели применяются, как уже отмечалось, радиальные сгустители.

Однако, следствием применения флокулянтов может явиться не только повышение производительности сгустителя и качественных показателей его работы, но и некоторые негативные явления, возникающие при нарушении технологического режима флокуляции; главные из них рассматриваются в табл.5.I одновременно с рекомендациями по их устранению.

Таблица 5.I

Возможные нарушения технологического режима работы радиальных сгустителей, связанные с применением флокулянтов, и меры по их устранению

№ п.п	Нарушения в работе сгустителя	Возможные причины нарушений	Меры по устранению нарушений
I	2	3	4
I.	Содержание твердого в сливе повышается и становится больше 5 кг/м^3	I. Недостаточная дозировка флокулянта применительно к увеличившейся объемной производительности или нагрузке по твердому.	Увеличить подачу раствора флокулянта или снизить объемную нагрузку
		2. Рабочий раствор флокулянта недостаточно активен по одной из возможных причин:	
		- чрезмерное разбавление;	Увеличить подачу раствора в процесс. В дальнейшем приготавливать рабочий раствор в соответствии с "Рекомендациями"
		- хранение свыше одних суток;	
		- неправильный гидродинамический режим и выбор точки подачи раствора в питание сгустителя;	Опытным путем подобрать оптимальный режим смешения с учетом "Рекомендаций"

Продолжение табл.5.I

I	2	3	4
		- низкое качество исходного флокулянта или несоответствие его характеристик свойствам обрабатываемой дисперсной системы	Проверить в лабораторных условиях качество флокулянта и его соответствие данным условиям
2.	Слив остается грязным, несмотря на принятие мер, указанных в п.I.	Не происходит флокуляции твердой фазы по одной из возможных причин:	
		I. Жидкая фаза суспензии маломинерализована, представляет собой, например, речную воду.	Использовать на ОФ шахтную воду или применить минерализующие добавки (например, известь)
		2. Твердая фаза представлена преимущественно частицами коллоидных размеров.	Оптимизировать технологическую схему обогащения угля с целью снижения размокания глинистых примесей
3.	Сгуститель перегружается по твердому: происходит торможение гребкового механизма, срабатывает предохранительное устройство; слив сгустителя при этом остается чистым	В питании слишком много крупных частиц, быстро седиментирующих при флокуляции совместно с мелкими классами	Удалить крупняк из питания, перед подачей его в сгуститель. Для этой цели может быть использован гидроциклон

6. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ

Порядок транспортирования и хранения определяется техническими условиями (ТУ) на флокулянт.

Полиакриламид-гель технический упаковывается в мешки полиэтиленовые, вкладываемые в картонные навивные барабаны, или деревянные бочки. Полиэтиленовые мешки с полиакриламидом-гелем могут вкладываться также в битуминированные бумажные мешки с последующим укладыванием в деревянные ящики. Допускается упаковка полиакриламида в новые бочки без вкладыша. По согласованию с потребителем могут использоваться другие виды тары. Вес одной упаковки зависит от объема тары, определяемого соответствующим ГОСТом на тару.

Как уже отмечалось, отсутствие в ТУ жестких нормирующих требований в отношении тары, а также вязкая и липкая консистенция продукта чрезвычайно затрудняют механизацию операций по его разгрузке и растворению.

Транспортируют полиакриламид-гель железнодорожным, автомобильным и другими видами транспорта при условии предохранения продукта от атмосферных осадков.

Хранение полиакриламида-геля должно осуществляться в крытых складских помещениях при температуре не выше 35^{0}. Тару необходимо плотно закрывать во избежание высыхания продукта. Гарантийный срок хранения - 4 месяца со дня изготовления. По истечении указанного срока ПАА-гель подлежит контрольной проверке на качество в соответствии с ТУ.

Полиакриламид сухой (гранулированный) упаковывается в мешки бумажные или полиэтиленовые вкладыши, помещаемые затем в другую тару.

Масса полиакриламида в одном тарном месте - $20 \pm 0{,}2$ кг.

Транспортируется сухой полиакриламид в крытых вагонах или другими видами транспорта, в которых продукт защищен от атмосферных осадков, при температурах от -40 до +50°С. Хранится в чистых сухих помещениях в упакованном виде. Гарантийный срок хранения - 12 месяцев со дня выпуска. По истечении указанного срока продукт подлежит контролю на качество.

Метас упаковывается в 4-5-слойные бумажные мешки с полиэтиленовым вкладышем или без него или в полиэтиленовые мешки. Вес нетто одной упаковки - 25±1,0 кг.

Метас транспортируют в крытых железнодорожных вагонах, автомашинах или иным транспортом в универсальных контейнерах, в условиях, обеспечивающих изолированность от атмосферных осадков.

Продукт хранят в крытых сухих помещениях. Гарантийный срок хранения - 6 месяцев со дня изготовления, по истечении указанного срока продукт перед использованием должен быть проверен на качество.

Во временных ТУ на новые полимерные порошкообразные флокулянты серии "АК-629", представляющие собой полимеры акриламида с различным относительным содержанием карбоксильных групп (в зависимости от марки флокулянта) относительно условий транспортировки и хранения сказано:

Полимеры акриламида транспортируются автомобильным и железнодорожным транспортом ... при температуре не выше 40°С. Полимеры хранят в закрытых складских помещениях ..., исключающих попадание прямых солнечных лучей и влаги при температуре не выше 40°С.

Гарантийный срок хранения полимеров акриламида - один год со дня изготовления.

Метасол упаковывается в полиэтиленовые или 5-6-слойные бумаж-

ные мешки с полиэтиленовым вкладышем или без него. Мешки бумажные прошивают, полиэтиленовые - заваривают.

Транспортируют Метасол в железнодорожных вагонах, автомашинах или иными видами транспорта, при условии предохранения от воздействия атмосферных осадков. Хранят в крытом сухом помещении. Гарантийный срок хранения Метасола - 8 месяцев со дня изготовления, по истечении которого флокулянт перед использованием должен быть проверен на качество в соответствии с ТУ.

Катионактивный флокулянт ВПК-402 транспортируется в бочках вместимостью 100; 200 и 250 $дм^3$. Возможна также транспортировка наливом в железнодорожных цистернах.

Хранят ВПК-402 в закрытой таре с эмалевым или полимерным покрытием или из нержавеющей стали в чистых и сухих складских помещениях при температуре не выше +40°С.

Гарантийный срок хранения - 12 месяцев со дня изготовления, по истечении которого продукт перед применением должен быть проверен на качество.

В проспекте фирмы "Штокхаузен" (ФРГ) отмечается, что высокомолекулярные флокулянты, выпускаемые в виде порошков, - такие, как Праестол, чувствительны к воздействию влаги. При контакте с каплями воды могут образоваться комки. Поэтому продукт необходимо хранить в плотно закрывающейся таре. Температура хранения не должна длительное время превышать 45°.

Продолжительное действие мороза не снижает эффективности флокулянтов.

Сроки хранения по данным фирмы:

Гранулят в фирменной упаковке	- 2 года
Эмульсионные полимеры в фирменной упаковке	- 6 месяцев

Концентрированный раствор (0,5%) - I месяц

Рабочий раствор (0,I%) - I день.

Примерно такие же указания имеются относительно порошкообразных полиакриламидных флокулянтов, выпускаемых другими зарубежными фирмами.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ФЛОКУЛЯНТАМИ

Правила техники безопасности при работе с флокулянтами, выпускаемыми химическими предприятиями СССР, изложены в соответствующих ТУ и сводятся, в основном, к следующим положениям:

I. Полиакриламид-гель технический

Относится к малотоксичным продуктам.Его токсикологическая характеристика обусловлена наличием остаточного (т.е. не заполимеризовавшегося) мономера - акриламида. Акриламид относится ко второму классу опасности и обладает выраженной кумуляцией (способностью к накоплению в организме).

ПДК (предельно-допустимая концентрация) акриламида в воде водоемов - 0,0I мг/дм^3, полиакриламида - I2,0 мг/дм^3, т.е. в 200 раз больше.

Технический ПАА-гель не горюч, не взрывоопасен. При хранении продукта может выделяться небольшое количество аммиака, пары которого вызывают раздражение дыхательных путей и слизистых оболочек носа и глаз. Поэтому тара с полиакриламидом должна быть плотно закрытой. При сильном запахе аммиака необходимо проветрить помещение.

Лица, занятые на приготовлении растворов полиакриламида, должны быть в спецодежде, резиновых сапогах, перчатках и защитных

очках. При попадании полиакриламида или его растворов на кожу или в глаза их следует немедленно промыть обильным количеством воды.

2. Порошкообразные флокулянты серии "АК-629" (по временным ТУ, разработанным Саратовским филиалом НИИполимеров).

Полимеры акриламида относятся согласно ГОСТу 12.1.007-76 и исследованиям, проведенным Саратовским медицинским институтом, к классу малоопасных соединений. Предельно допустимая концентрация полимеров акриламида в воде водоемов - 2 мг/дм^3.

Пожароопасные характеристики полимеров акриламида:

- горючее вещество;
- температура тления 290°С;
- температура самовоспламенения 450°С;
- пыле-воздушные смеси не воспламеняются до концентрации 350 г/м^3 при дисперсности порошка менее 200 мкм.

Для тушения горящего продукта применяют тонко распыленную воду с интенсивностью орошения 0,12 л/см^2 или воздушно-механическую пену с интенсивностью орошения 0,08 л/см^2.

Все рабочие помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией.

Работа с полимерами акриламида проводится в спецодежде: костюм хлопчатобумажный согласно ГОСТу 12.4.109-82. Для защиты от пыли полимеров акриламида применяют респираторы типа ШБ-1 "Лепесток" по ГОСТ 12.4.08-76. По окончании работы рекомендуется принять душ.

Освещение при хранении полимеров акриламида в складском помещении должно соответствовать "Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)".

3. Сополимер метакриловой кислоты и ее амида (Метас)

Метас является практически малотоксичным веществом. Имеет кислую реакцию, при растворении требует применения щелочи, поэтому необходимо работать в спецодежде, перчатках и защитных очках. В случае попадания порошка Метаса в глаза необходимо немедленно промыть их обильным количеством воды.

Метас при нормальной температуре никаких вредных продуктов в концентрациях, опасных для организма человека, не выделяет и не является взрывоопасным продуктом. При нагревании Метаса до 200° и более возможно выделение аммиака.

4. Сополимер метакрилата натрия и амида метакриловой кислоты (Метасол)

Метасол является веществом малоопасным. В процессе хранения, эксплуатации и приготовления водных растворов никаких вредных веществ при нормальной температуре в атмосферу и в воду Метасол не выделяет.

Показатели пожаро- и взрывоопасности Метасола следующие:

- температура самовоспламенения аэрогеля - 391°С, аэровзвеси - 425°С; нижний предел воспламенения аэровзвеси - 137,6 г/м³. Метасол не относится к классу взрывоопасных пылей. Продукт имеет слабощелочную реакцию, поэтому при его использовании необходимо работать в резиновых перчатках, спецодежде и очках. В случае попадания Метасола в глаза необходимо срочно промыть их обильной струей воды.

5. Катионный флокулянт ВПК-402 на основе диметилдиаллиламмонийхлорида

По степени воздействия на организм ВПК-402 относится к 3-му классу опасности, являясь соединением с умеренно выраженной токсичностью.

25%-й водный раствор ВПК-402, в виде которого он поступает на предприятия-потребители, в нормальных условиях при 20°С не имеет запаха и привкуса, не оказывает раздражающего действия на кожу и глаза. Попадание ВПК-402 внутрь организма вызывает одышку и общее угнетенное состояние. Помещение для приготовления растворов ВПК не требует дополнительной вентиляции и специальных условий, так как выделения вредных веществ в процессе растворения не происходит.

В проспекте западногерманской фирмы "Штокхаузен", выпускающей флокулянты типа Праестол, в качестве одной из мер по технике безопасности рекомендуется следить за чистотой полов в помещении, где приготавливаются растворы Праестола. При попадании порошка или раствора пол становится скользким и возникает опасность падения людей. Уборка производится с помощью опилок, песка или сильной струи воды.

Полиакриламидные флокулянты, указывает фирма, используются для очистки питьевой воды, так как содержат очень незначительные остаточные количества токсичного мономера. Согласно данным опытов, проведенных на животных, общее количество мономера (акриламида), употребленного человеком, не должно превышать в сутки 0,5 мг на 1 кг веса тела. Это количество, согласно данным фирмы, имеет 1000-кратный фактор безопасности, который учитывает все последствия длительного использования питьевой воды, осветляемой с помощью полиакриламида (Праестола). При соблюдении указанных ограничений относительное количество мономера в полиакриламиде не должно превышать 0,1% (вес.).

8. ЭКОНОМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ

Экономическая эффективность применения флокулянтов определяется рядом позитивных изменений в общей технологии обогатительного процесса:

- Благодаря глубокому осветлению оборотной воды и снижению содержания в ней твердых частиц уменьшается вязкость разделительной среды в обогатительных аппаратах, повышается выход и снижается зольность концентрата. Например, по данным института "Укрнииглеобогащение" снижение содержания твердого в оборотной воде с 250 до 80 кг/м^3 позволяет в среднем увеличить выход и снизить зольность концентрата отсадочных машин на I% и на 0,I% соответственно.

- Осветление оборотной воды может осуществляться в одну стадию с помощью радиальных сгустителей без использования дорогостоящих наружных очистных сооружений для повторного ее отстаивания.

- Благодаря своевременному и полному удалению илов из системы снижаются потери горючей массы в продуктах обогащения мелких классов угля, в частности, на флотации.

- Увеличивается производительность сгустительно-осветлительных аппаратов и, следовательно, снижается необходимая суммарная площадь осветления.

- В связи со снижением содержания высокодисперсных глинистых частиц в оборотной воде увеличивается производительность фильтров.

- Уменьшается износ насосов коммуникаций и другого оборудования, эксплуатируемого на воде с меньшим содержанием абразивных твердых частиц.

Расчетов экономической эффективности применения флокулянтов, которыми учитывалась бы вся совокупность возникающих технологических положительных последствий, основные из которых перечислены

выше, в отечественной литературе не встречается.

Имеются лишь отдельные попытки экономического обоснования некоторых аспектов рассматриваемого способа интенсификации водно-шламовых и собственно обогатительных процессов.

Так, например, на ГОФ "Красная Звезда" ПО "Торезантрацит", перерабатывающей 3 млн.т рядовых антрацитов в год, экономия за счет применения полиакриламида составила 50 тыс.руб. в год. Показатель этот определен при подсчете только увеличения выхода концентрата. Определение других технологических и, следовательно, экономических результатов применения флокулянта не производилось.

Сопоставление затрат на флокулянты с общими эксплуатационными затратами на обогащение угля приведено в табл.8.I, составленной по отчетным данным ОФ, и на основании прейскуранта цен на химическую продукцию [21] и справочника института ЦНИЭИуголь [22].

В развитых зарубежных странах обогатительные фабрики применяют флокулянты для интенсификации ряда водно-шламовых процессов.

И.Ройтер приводит некоторые сведения экономического порядка о применении флокулянтов на углеобогатительных фабриках ФРГ [23]. На установке для фильтрации рядового шлама одной из обогатительных фабрик Рура расходы на флокулянт составили I,8% общих эксплуатационных расходов.

На другой обогатительной фабрике Рура флокулянт используют в 4-х точках технологической системы: для осветления оборотных вод в наружном отстойнике, сгущения флотоотходов, фильтрования рядовых шламов и флотоконцентрата. Расходы на флокулянт при этом составили 0,053 марки/т товарного угля.

Примерная общая оценка автора по ОФ Рурского и Ахенского угольных бассейнов: расходам на флокулянт в размере около 0,05 марки/т

Таблица 8.I

Относительные расходы на флокулянты на некоторых ОФ Донецкого, Карагандинского и Кузнецкого угольных бассейнов

Производственное объединение, ОФ	Производительность ОФ по рядовому углю, тыс.т/год	Себестоимость процесса обогащения, руб/т	Общие расходы на флокулянты, тыс.руб/год	Относительные расходы на флокулянты, %
ПО "Донецкуглеобогащение"				
ЦОФ "Кальмиусская"	3450	2,I8	68,7	I,2
ЦОФ "Никитовская"	I800	I,78	I3,3	0,4
ЦОФ "Чумаковская"	3I50	2,40	43,2	0,6
ЦОФ "Калининская"	2600	I,7I	II,9	0,3
ЦОФ "Добропольская"	2550	I,74	60,7	I,4
ЦОФ "Октябрьская"	2400	I,44	73,8	2,I
ПО "Ворошиловградуглеобогащение"				
ЦОФ "Дуванская"	2350	2,05	I6,7	0,3
ЦОФ "Суходольская"	5I00	I,96	50,5	0,5
ЦОФ "Белореченская"	2300	I,79	46,0	I,I
ЦОФ "Ворошиловградская"	3000	2,53	II9,8	I,6
ПО "Укрзападуголь"				
ЦОФ "Червоноградская"	9000	I,50	54,4	0,4
ПО "Карагандауголь"				
ЦОФ "Восточная"	6000	2,I9	II0,2	0,8
ВПО "Кузбассуголь"				
ЦОФ "Сибирь"	6700	I,46	34,0	0,3

товарного угля соответствует 3-5-кратная экономия, возникающая за счет улучшения технологических условий обогащения и работы оборудования. Флокулянты на ОФ ФРГ часто применяются одновременно в ряде точек технологической системы предприятия: для осветления оборотных вод, фильтрования флотоотходов и флотоконцентрата, осадительного центрифугирования.

В СССР широкое применение флокулянтов пока сдерживается их дефицитностью, ограниченной гаммой технологических свойств, плохой растворимостью и неудобной для использования гелеобразной консистенцией (полиакриламид).

Намечаемая организация промышленного выпуска порошкообразных полиакриламидов серии "АК-629" должна способствовать повышению экономической эффективности использования флокулянтов на углеобогатительных фабриках.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Самасундорэн П. Доклад. Принципы флокуляции, диспергирования и избирательной флокуляции. В кн. Международный симпозиум по процессам с тонкими частицами. Лас Вегас, I980, с.947-976.

2. Ройтер И. Полимерные синтетические флокулянты и их применение при обогащении минерального сырья. Глюкауф, II2 (I976), № 3.

3. Ройтер И. Применение флокулянтов-полимеров в углеобогащении. Глюкауф, I06 (I970), № I9.

4. Лемкуль Ц., Зайферт Г. Новые аспекты применения флокулянтов в углеобогащении. Ауфберайтунгс-техник, I985, № II, с.645-65I.

5. Григ Н.М. Теория флокуляции. " J. Mine and Quarry", I978, т.7, № 5, с.57-6I.

6. Вейсман Ф. (фирма "Цианамид", США). Технические аспекты подготовки воды для ее потребления населением и в промышленности. Доклад в г.Дубровниках (ФРЮ), октябрь, I986.

7. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. М., Стройиздат, I984. - с.200.

8. Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. М., Недра, I983. - с.288.

9. Баран А.А., Запольский А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки вод.

I0. Благов И.С., Борц М.А., Вахромеев Б.И., Тресков Е.Г. Оборотное водоснабжение углеобогатительных фабрик. М., Недра,I980.

II. Борц М.А. Теория и технологические факторы флокуляции угольных суспензий. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М., ИОТТ, I972.

I2. Шуляк В.Е. Исследование минерализации оборотных вод углеобогатительных фабрик Донбасса с замкнутым циклом. Диссертация на

соискание ученой степени кандидата технических наук. М., МГИ, 1968.

I3. Дочкал М., Палива, 1966, № 9.

I4. Гётте А., Флётер В. Исследование современных флокулянтов и их действия на флотацию и обезвоживание мелкого угля. "Aachen Bl. Aufbereit-Verkok-Brikett", 1961, 11, № 3, с.89-I48.

I5. Билкун Д.Г., Чистяков Б.Е., Гетманский И.К. Стабилизация пен некоторыми водорастворимыми полимерами. Сб. трудов Всесоюзной научно-технической конференции, часть I "Физико-химия пен". Ин-т физхимии АН СССР, М., 1974, с.II9-I22.

I6. Борц М.А., Острый В.А. Влияние полимерных флокулянтов на флотацию угольных шламов. Кокс и химия, 1972, № 5, с.I0-I2.

I7. Mondgil Brij M. Влияние полимеров полиакриламида и окиси этилена на флотацию угля. " Colloids and Surfaces ", 1983, 8, № 2, с.225-228.

I8. Блехман Л.И. Возможный механизм действия высокомолекулярных реагентов на процесс флотации. "Обогащение руд", Иркутск, 1986, с.55-58.

I9. Heg W., Leininger D. Взаимодействие флотационных и флокулирующих реагентов и их значение для флотационного разделения каменных углей. "Глюкауф-форшунгс", 1983, 44, № 5, с.226-233.

20. Арсентьев В.А., Горловский С.И. Модифицирующее и флокулирующее действие полимеров при флотации сильвинитовых руд. В сб. "Обогащение неметал. полезн. ископаемых". Вып.2, Свердловск, 1976, с.20-23.

21. Прейскурант 05-02 "Оптовые цены на синтетические смолы и пластические массы". М., Прейскурантиздат, 1980, с.252.

22. Справочник "Обобщение и систематизация производственно-технической отчетности по предприятиям и объединениям за 1986 г.", М., ЦНИЭИуголь МУП СССР, 1987, т.5.

23. Ройтер И. Применение флокулянтов-полимеров в углеобогащении. Глюкауф, 1970, № 19, с.19-29.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
1. СТРОЕНИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ	6
2. ВОДОСУСПЕНЗИИ В КАЧЕСТВЕ ОБЪЕКТА ФЛОКУЛЯЦИИ	18
3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ	21
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И ПРИМЕНЕНИЮ ФЛОКУЛЯНТОВ	50
4.1. Выбор флокулянтов для различных водно-шламовых процессов	50
4.2. Технология растворения флокулянтов	58
4.3. Устройства и установки для растворения флокулянтов	66
4.4. Дозирование и смешивание растворов флокулянтов с суспензией	78
4.5. Лабораторные испытания флокулянтов	85
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ	98
6. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И ХРАНЕНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ	105
7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ФЛОКУЛЯНТАМИ	108
8. ЭКОНОМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКУЛЯНТОВ	112
ЛИТЕРАТУРА	116

Заказ 1562 Подписано в печать 17.09.90
Объем 7,5 п. л. Тираж 200
Типография Министерства угольной промышленности СССР.
Люберцы, 140004, Октябрьский проспект

gost.e-ecolog.ru