

УДК 622.07 (06)

## Ультрафлокулярная желатинизация твердой фазы иловых хвостов углеобогащения

*Определены наиболее эффективные флокулянты, их дозы и оптимальные условия реагентной и гидродинамической ультрафлокулярной обработки иловых хвостов углеобогащения, при которых достигается желатинизация твердой фазы.*

**Ф**локуляция – процесс, способствующий интенсификации обезвоживания техногенных суспензий седиментацией и фильтрацией. Важным элементом в применении флокулянтов для обработки иловых суспензий, как показано в работе [1], является режим гидродинамической обработки суспензии после введения в нее раствора флокулянта, характеризующийся градиентом скорости среды  $G$  и продолжительностью обработки  $\tau$ . Ранее было установлено [2], что в зависимости от дисперсного состава и концентрации суспензии  $C$  оптимальное значение градиента может меняться в широких пределах: от 700 до 5000  $\text{с}^{-1}$ . Флокулярная обработка, при которой используются столь большие значения градиента, получила название «ультрафлокуляция» [3]. Размер флокул и их плотность в значительной степени зависят от прочности контактов частиц между собой [4], которая определяется свойствами молекул флокулянта. В последнее время появились флокулянты, столь прочно связывающие частицы, что при оптимальных дозировке и режиме ги-

дродинамической обработки суспензий дисперсную фазу суспензий можно превращать в желеподобную структуру. Она легко отдает воду и пригодна для транспортировки и складирования обычными механическими средствами в целях дальнейшего ее обезвоживания в естественных условиях. Преимущество применения таких желатинизирующих флокулянтов заключается в том, что вместо дорогостоящих радикальных сгустителей и пресс-фильтров можно использовать недорогие пруды-осветлители по принципу гидростолы.

Поскольку расход флокулянта, при котором достигается эффект желатинизации твердой фазы суспензии, обычно достаточно велик (особенно при обработке тонкодисперсных суспензий), важно, чтобы суспензия после введения в нее раствора флокулянта была подвергнута гидродинамической обработке в оптимальном режиме [5]. Применение обычных статических миксеров в таких случаях малоэффективно, так как в них практически невозможно регулировать градиент скорости среды, зависящий от постоянно меняющегося расхода и концентрации потока обрабатываемой суспензии. Опыт показывает [6], что целесообразнее использовать динамические миксеры, позволяющие быстро менять градиент скорости среды и время обработки в зави-



**Н. Н. РУЛЕВ,**  
доктор хим. наук  
(Институт биокolloидной химии  
им. Ф. Д. Овчаренко НАН Украины)



**В. Я. КОРОЛЕВ,**  
инж.  
(Институт биокolloидной химии  
им. Ф. Д. Овчаренко НАН Украины)



**О. В. КРАВЧЕНКО,**  
канд. хим. наук  
(Институт биокolloидной химии  
им. Ф. Д. Овчаренко НАН Украины)



**В. В. ЛУКЬЯНОВА,**  
канд. хим. наук  
(Университет экономики и права  
«КРОК»)

симости от концентрации и расхода суспензии. Это позволяет минимизировать расход дорогостоящего флокулянта и стабилизировать высокое качество обработки суспензии.

Цель настоящей работы – определение оптимальных условий (реагентных и гидродинамических) ультрафлокулярной обработки иловых хвостов углеобогащения, образующихся на предприятии «Угольные технологии ОФ», при которой достигается эффект желатинизации твердой фазы.

Исследования проводили с помощью прибора «УльтрафлокТестер-2010», которым измеряли эффективность флокуляции суспензии (относительный размер флокул) в зависимости от расхода флокулянта  $P$  и градиента скорости среды  $G$  [2, 6]. Качество желатинизации твердой фазы суспензии определяли путем измерения ее влагосодержания после отделения от водной фазы на сетке с ячейками 0,5 мм в течение 1 мин.

Для флокуляции иловых хвостов углеобогащения использовали анионные флокулянты.

К высокоэффективным флокулянтам относятся «Rheomax 9080», «AN 956 SH», «AN 945», к эффективным – «Praestol 2530», «Rheomax 9040», «Magnafloc 155», «Magnafloc 919», к малоэффективным – «Rheomax 9010», «Rheomax 9050», «Rheomax 9060», к неэффективным – «Magnafloc 525», «Magnafloc 351».

Зависимость эффективности флокуляции от расхода наиболее эффективных флокулянтов экспериментальными точками показана на рис. 1 ( $C = 50$  г/л,  $G = 1500$  с<sup>-1</sup>,  $\tau = 6$  с). Было установлено, что наибольшей флокулирующей способностью по отноше-

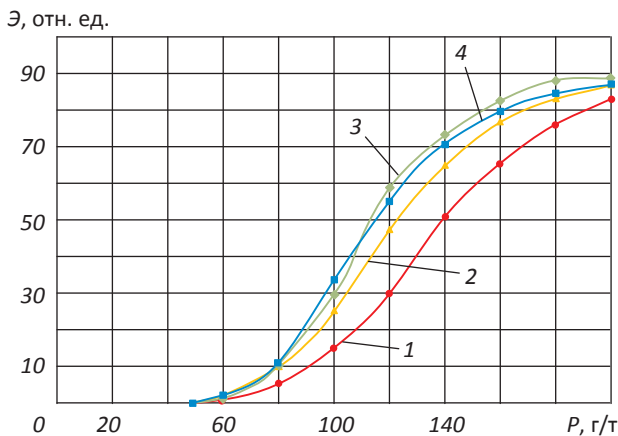


Рис. 1. Зависимость относительной эффективности флокуляции  $\mathcal{E}$  иловых отходов углеобогащения от расхода  $P$  наиболее эффективных флокулянтов: 1 – «Praestol 2530»; 2 – «AN 945»; 3 – «Rheomax 9080»; 4 – «AN 956 SH».

нию к исследуемым образцам иловых хвостов обладают продукты фирмы SNF – «AN-905SH» и фирмы BASF – «Rheomax 9080». Так как последний из упомянутых флокулянтов оказался одним из лучших желатинизаторов твердой фазы суспензии, все дальнейшие исследования проводили только с ним.

Расход флокулянта существенно зависит от концентрации твердой фазы суспензии, поэтому были проведены исследования зависимости флокулирующей способности флокулянта «Rheomax 9080» при обработке суспензий с разной концентрацией твердой фазы. Из полученных результатов (рис. 2 и 3) следует, что расход флокулянта «Rheomax 9080», при котором достигается эффект желатинизации, линей-

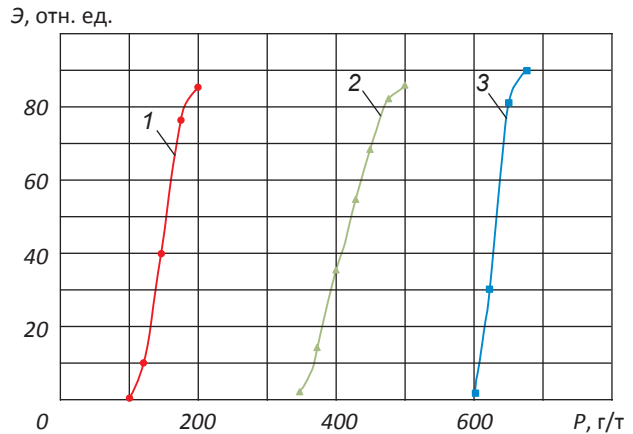


Рис. 2. Зависимость относительной эффективности флокуляции  $\mathcal{E}$  иловых отходов углеобогащения от расхода  $P$  флокулянта «Rheomax 9080» при оптимальных значениях градиента скорости среды и различной концентрации твердого в суспензии, г/л: 1, 2, 3 – соответственно 100, 200, 300.

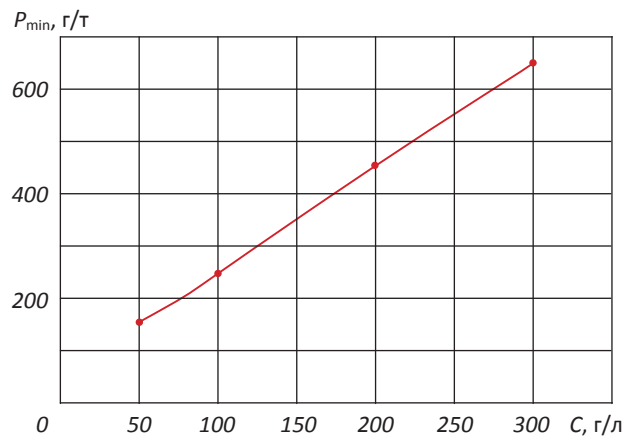


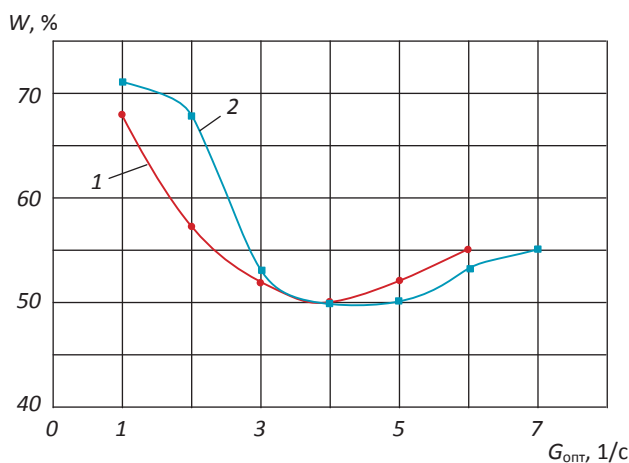
Рис. 3. Зависимость минимального расхода флокулянта «Rheomax 9080»  $P_{min}$  от концентрации иловых отходов углеобогащения  $C$ , при которых наблюдается эффект желатинизации осадка.

но зависит от концентрации твердого в суспензии и увеличивается от 150 до 650 г/т при переходе от относительно разбавленных суспензий (50 г/л) к концентрированным (300 г/л). При концентрации твердого в суспензии 100 г/л оптимальное значение градиента скорости среды составляет  $1500 \text{ с}^{-1}$ , при 200 г/л –  $4000 \text{ с}^{-1}$ , при 300 г/л –  $4500 \text{ с}^{-1}$ .

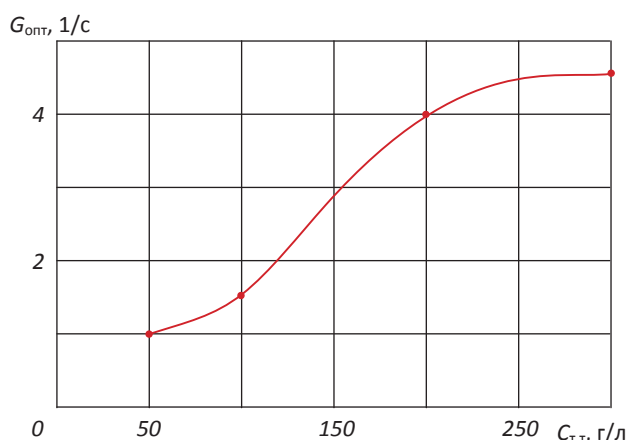
Минимальный расход флокулянта, при котором достигается эффект желатинизации твердой фазы, может быть вычислен по эмпирической формуле

$$P_{\min} = 2C + 50. \quad (1)$$

Известно, что эффективность флокуляции существенно зависит от режима гидродинамической об-



**Рис. 4.** Зависимость влажности  $W$  кека от оптимального градиента скорости  $G_{\text{опт}}$  среды при обработке иловых отходов углеобогащения различной концентрации, г/л: 1 и 2 – соответственно 200 и 300.



**Рис. 5.** Зависимость оптимального градиента скорости среды  $G_{\text{опт}}$  при обработке иловых отходов углеобогащения от концентрации твердого тела  $C_{\text{т.т}}$  при оптимальном расходе флокулянта «Rheomax 9080».

работки суспензии. Для определения оптимального градиента скорости среды  $G_{\text{опт}}$  при обработке хвостов с разной концентрацией твердого в течение 5 с была измерена зависимость влажности желатинизированного кека твердой фазы после отделения ее от водной фазы на сетке с ячейками 0,5 мм в течение 1 мин. Из полученных результатов, представленных на рис. 4 и 5, следует, что оптимальные значения градиента скорости среды, при которых достигается минимальная влажность  $W$  кека, увеличивается от 1000 до  $4500 \text{ с}^{-1}$  с повышением концентрации суспензии от 50 до 300 г/л.

Зависимость оптимального градиента скорости от концентрации твердой фазы хвостов в диапазоне 100 – 200 г/л может быть рассчитана по эмпирической формуле

$$G_{\text{опт}} = 25(C - 100) + 1500. \quad (2)$$

**Вывод.** Использование флокулянта «Rheomax 9080» (BASF) при оптимальных условиях ультрафлокулярной обработки (продолжительность 5 с, градиент скорости среды от 1000 до  $4500 \text{ с}^{-1}$ ) позволяет достичь остаточной влажности желатинизированной твердой фазы на уровне менее 52 % по массе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Rulyov N. N. Ultra-flocculation: Theory, Experiment, Applications // In book «Particle Size Enlargement in Mineral Processing». – Montreal (Canada). – 2004. – P. 197–214.
2. Рулев Н. Н. Определение оптимальных условий флокуляции хвостов флотационного обогащения угля / Н. Н. Рулев, В. Я. Королев, О. В. Кравченко, В. В. Лукьянова // Уголь Украины. – 2010. – № 12. – С. 41 – 45.
3. Rulyov N. N. Hydrodynamic destruction of waste emulsions in the process of their separation through ultra-flocculation and micro-flotation // Colloids & Surfaces A. – 1999. – V. 152. – P. 11–15.
4. Рулев Н. Н. Парная энергия связи и оптимальный режим гидродинамической обработки суспензий в процессе флокуляции / Н. Н. Рулев, Т. А. Донцова, Т. В. Небеснова // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27. – № 1. – С. 1–17.
5. Rulyov N. N., Laskowski J. S., Concha F. The use of ultra-flocculation in optimization of the experimental flocculation procedures Physicochem. Probl. // Miner. Process. – 2011. – V. 46. – P. 5–16.
6. Рулев Н. Н. Ультрафлокуляция как метод повышения эффективности процесса извлечения тонкодисперсного угля из хвостов обогащения / Н. Н. Рулев, В. Я. Королев, О. В. Кравченко, В. В. Лукьянова // Збагачення корисних копалин. – 2010. – Вип. 40 (81). – С. 119–125.