

Полиакрилаты лишены указанного недостатка и при этом не менее эффективны как ингибиторы осадкообразования.

УДК 631.438.2

П.Д. Воробьев, Д.В. Чередниченко, А.Д. Воробьев, Ю.В. Липай
Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь

ФЛОКУЛЯЦИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ СОЛЕВЫХ ДИСПЕРСИЙ ГЛИНЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Предложена комплексная технология переработки глинисто-солевых отходов калийного производства, которая включает флокуляцию дисперсии, отделение жидкой фазы и структурообразование глинисто-солевой фракции. Использование технологии позволит снизить техногенную нагрузку на окружающую среду, уменьшить количество отходов и площади земель, выводимых из сельскохозяйственного оборота под их размещение.

A.D. Vorobiev, D.V. Cherednichenko, P.D. Vorobiev, S.V. Bucha
Institute of General and Inorganic Chemistry, NAS of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

FLOCCULATION AND STRUCTURAL FORMATION OF CLAY SALT DISPERSIONS IN PROCESSING TECHNOLOGIES POTASSIUM PRODUCTION WASTE

Abstract. A complex technology for processing clay-salt wastes of potash production has been proposed, which includes flocculation of the dispersion, separation of the liquid phase and structure formation of the clay-salt fraction. The use of technology will reduce the ecological load on the environment, reduce the amount of waste and the area of land taken out of agricultural use for their disposal.

Масштабная добыча и переработка калийных руд на ОАО «Беларуськалий» привела к техногенному воздействию на экосистему района, что проявляется, прежде всего, в оседании земной поверхности над отработанными подземными выработками и отчуждении больших площадей плодородных земель для хранения отходов обогатительных фабрик. При существующих способах обогащения руд Старобинского

месторождения количество отходов и занимаемая ими площадь будут расти.

Наиболее крупнотоннажными видами отходов производства предприятия являются галитовые и глинисто-солевые шламовые отходы. Складирование и хранение огромного количества солевых отходов требует безвозвратного отчуждения значительных площадей сельскохозяйственных земель, приводит к химическому загрязнению подземных вод и является чрезвычайно важной и актуальной экологической проблемой региона, к решению которой в течение нескольких десятилетий привлечено внимание ученых-химиков и горняков.

В Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси разработана комплексная технология переработки глинисто-солевых дисперсных отходов калийного производства, которая включает технологию флокуляционного осаждения твердой фазы дисперсии, отделения жидкой фазы и структурообразования глинисто-солевой фракции.

Эксперименты по флокуляции включали исследование трех параметров: скорость осаждения твердой фазы, осветление жидкой фазы и плотность осадка. Исследования проводились с использованием солевой дисперсии каолина с концентрацией дисперсной фазы 4 %.

В качестве флокулянтов глинисто-солевых дисперсий (содержание дисперсной фазы 4 %) в работе использовали полиакриламид (ПАА), катионный (КПЭ) и анионный (АПЭ) сополимеры акриламида в виде 0,1 и 0,5% водно-солевых растворов. Катионный полиэлектролит представляет собой сополимер акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакриламида ($M=10 \cdot 10^6$), анионный - сополимер акриламида с акрилатом натрия ($M=14 \cdot 10^6$) с различным содержанием 10 и 30 % ионогенных групп (АПЭ₁₀; АПЭ₃₀; КПЭ₁₀; КПЭ₃₀).

Результаты исследования флокулирующей способности полимеров в солевой среде представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что для вариантов введения одного вида полимера эффективность флокуляции и осветления выше в случае полиакриламида. Данные показатели значительно улучшаются в случае использования композиции катионного и анионного полиэлектролитов. Обращает на себя внимание значительное увеличение эффективности осветления суспензий при последовательном введении в суспензию композиции катионного и анионного полиэлектролитов. При последовательном введении

катионного, затем анионного флокулянтов в дисперсии формируются более плотные флокулы, содержащие мало жидкости.

Таблица 1. Эффективность процессов флокуляции ($D_{\phi}=D/D_{\text{ПАА}}$) и осветления ($D_{\text{осв.}}=\tau/\tau_{\text{ПАА}}$) солевой дисперсии глины при добавлении флокулянтов и их бинарных композиций

Вид флокулянта	Эффективность Флокуляции D_{ϕ} .	Эффективность осветления $D_{\text{осв}}$	Высота осадка, мм
ПАА	1,00	1,0	25
КПЭ ₁₀	0,7	0,7	25
АПЭ ₁₀	0,95	0,9	24
КПЭ ₁₀ + АПЭ ₁₀	1,3	10,1	22
КПЭ ₁₀ + АПЭ ₁₀	1,2	7,4	23
КПЭ ₁₀ + АПЭ ₁₀	1,12	5,6	23
АПЭ ₁₀ + КПЭ ₁₀	0,82	0,9	24
КПЭ ₃₀	0,56	0,7	26
АПЭ ₃₀	0,90	0,7	25
КПЭ ₃₀ + АПЭ ₃₀	1,20	3,8	25

Высокая эффективность совместного использования композиции катионного и анионного флокулянтов, вероятно, связана с особенностями механизма взаимодействия полимеров с поверхностью глинистых частиц и макромолекул полимеров между собой. На первом этапе происходит адсорбция катионного полиэлектролита на поверхности частиц глины. Отдельные сегменты макромолекул полиэлектролита за счет электростатического взаимодействия закрепляются на поверхности глины; значительная часть макромолекул остается в «свободном» от контактов состоянии. На втором этапе, после введения в систему анионного полиэлектролита, «свободные» сегменты макромолекул катионного компонента взаимодействуют с молекулами анионного, что способствует формированию прочных связей между частицами дисперсной фазы.

Полученные результаты были проверены с помощью специального модельного оборудования, позволяющего в лабораторных условиях воспроизвести работу промышленного оборудования, используемого для фильтрации, то есть отделения жидкой фазы дисперсий. Для моделирования работы ленточного фильтр-пресса использовался стенд Crown Press Belt Press Simulator,

разработанный компанией Phipps & Bird's (США). Работу центрифуги-декантера имитировали с помощью лабораторной центрифуги Sigma 3-16 фирмы Sartorius (Германия).

Для каждой дозировки флокулянта определялось оптимальное время кондиционирования. Кроме того, исследовалась зависимость эффективности обезвоживания от различных значений времени кондиционирования. При моделировании работы фильтр-пресса сфлокулированная суспензия переносилась на фильтроткань, моделировалось гравитационное обезвоживание. Измерялся объем жидкости, отделенной под действием силы тяжести в зоне гравитационного обезвоживания. Далее влажный кека переносился в зону, расположенную между двумя отрезками фильтроткани, что моделирует движение кека по валкам фильтр-пресса. В соответствии с шириной ленты с помощью динамометра контролировалось ее натяжение, а в зависимости от размера валков – время сжатия кека. Измерялся объем жидкости, отделенной под действием сжатия в зоне прессования. После обезвоживания измерялась влажность кека, а также общий объем жидкости, выделившейся из кека в процессе обезвоживания. Обезвоживание подготовленной суспензии на центрифуге осуществлялось согласно методике, общепринятой для моделирования процессов центрифугирования. Конечная влажность обезвоженного в лабораторных условиях осадка находилась в диапазоне от 32 до 28% в зависимости от условий эксперимента.

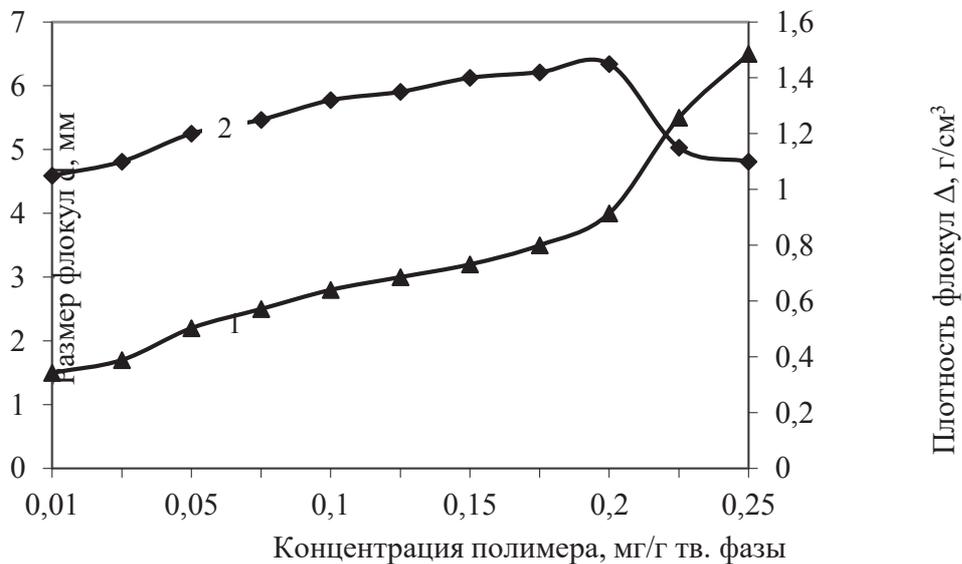
На рисунках 1 и 2 приведены данные об изменении физико-химических свойств флокулированной дисперсии (плотности, прочности, влагоотдачи флокул) и размера агрегатов, образуемых частицами глины, в зависимости от количества введенного в дисперсию флокулянта (ПАА).

Как следует из рисунка 1, в интервале концентраций полимера от 0,01 до 0,20 мг/г тв. фазы размер флокул увеличивается в 2,7 раза, плотность – в 1,4 раза, что обусловлено агрегацией частиц глины вследствие образования полимерных мостиков из адсорбированного на поверхности частиц полимера. При концентрации полимера более 0,20 мг/г тв. фазы размер агрегатов скачкообразно возрастает, а их плотность резко уменьшается, что позволяет предположить образование крупных, рыхлых агрегатов из флокул, содержащих значительное количество дисперсионной среды.

Уменьшение показателя L , свидетельствующее об увеличении прочности, и повышение влагоотдачи сфлокулированной дисперсии

(рисунок 2) в интервале концентраций полимера в системе 0,01–0,20 мг/г тв. фазы является следствием взаимодействия глинистых частиц и формирования флокул. Экстремальный характер зависимости влагоотдачи флокул от концентрации полимера с максимумом при 0,2 мг/г твердой фазы свидетельствует о завершении процесса флокуляции глинистых частиц в этой области концентраций и формировании агрегатов из флокул. Экспериментально установлено, что увеличение концентрации полимера в исследуемой дисперсной системе выше 0,25 мг/г тв. фазы приводит к её стабилизации, когда свойства флокул практически не меняются.

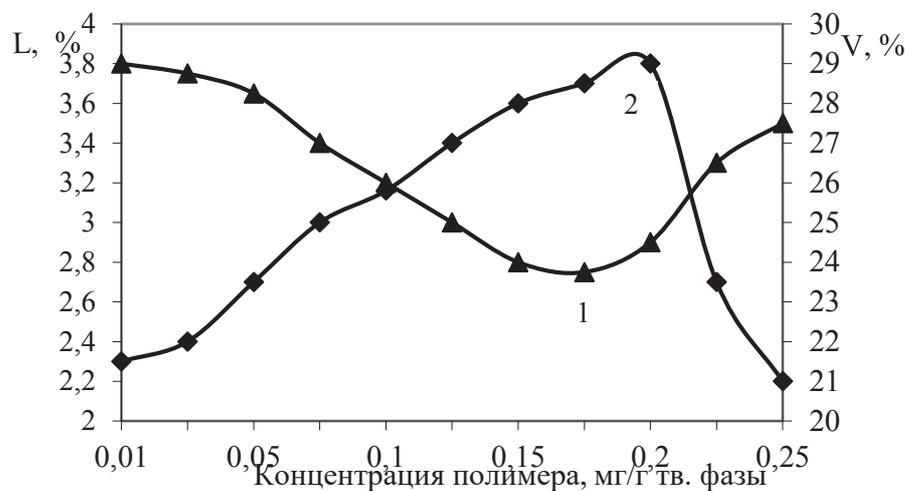
Полученные экспериментальные результаты позволили определить оптимальное количество вводимого в дисперсию флокулянта (0,15–0,20 мг/г тв. фазы), обеспечивающее высокую эффективность процесса флокуляции и оптимальные для обезвоживания свойства флокул.



1 – размер флокул d, мм; 2 – плотность флокул, Δ, г/см³

Рисунок 1 – Плотность и размер флокул в солевой дисперсии глины в зависимости от концентрации полимерного флокулянта

Полимер, введенный на стадии флокуляции, адсорбируется на поверхности глинистых частиц и соединяет их в агрегаты (флокулы). При отделении солевого раствора, в процессе механического отжима на оборудовании из флокулированной дисперсии глины удаляется влага и концентрация полимера в точках контакта частиц повышается, что способствует формированию большего количества полимерных мостиков, и, как следствие, увеличению сцепления между частицами глины.



1 – показатель изменения прочности (L, %); 2 – влагоотдача (V,%)

Рисунок 2 – Характеристики флокул в солевой дисперсии глины в зависимости от концентрации полимера

В таблице 2 приведены результаты исследований реологических и деформационных свойств ПГМ, содержащего полиакриламидный флокулянт в количестве 0,05–0,25 мг/г тв. фазы.

Из таблицы 2 видно, что с увеличением концентрации полимера в 4 раза (от 0,05 до 0,2 мг/г тв. фазы) предельное напряжение сдвига и угол внутреннего трения дисперсии возрастают на 30–35 %, модуль деформации увеличивается на 2,2 МПа, что свидетельствует об усилении взаимодействия (сцепления) глинистых частиц. При дальнейшем увеличении количества полимера до 0,25 мг/г происходит уменьшение сцепления глинистых частиц, предельного напряжения сдвига, угла

внутреннего трения и модуля деформации. Это обусловлено присутствием рыхлых агрегатов из флокул, имеющих слабые связи друг с другом, поскольку их взаимодействие происходит через прослойку жидкой фазы.

Таблица 2 – Реологические и деформационные свойства глинисто-солевой дисперсии

Характеристика	Содержание флокулянта (мг/г твердой фазы)				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
Предельное напряжение сдвига P , МПа	14,3	16,8	18,9	19,3	15,2
Сцепление C , кПа	5,5	6,7	7,2	7,3	6,0
Угол внутреннего трения φ , град	16,7	19,5	21,5	22	17,2
Модуль деформации E , МПа	6,1	8,0	8,2	8,3	7,8

Продукт, образующийся в процессе переработки глинисто-солевых дисперсных отходов калийного производства содержит соли калия (8-10 %) и натрия (14-16 %), обладает структурой, позволяющей гранулировать его, в том числе, с добавками порошкообразных и пылевидных минеральных удобрений – (калийных, фосфорных, азотных), торфа, сапропеля. Разработанная технология позволяет полностью переработать многотоннажный отход калийного производства, который является в настоящее время источником загрязнения окружающей среды, открывает возможности получения новых видов удобрений и использования глиносодержащих побочных продуктов калийного производства.

УДК 628.16.

И.В. Войтов¹, С.А. Иванов², П.М. Гудинович², В.Л. Еловик²

¹Белорусский государственный технологический университет

²УП «Полимерконструкция»

**ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СЛОЖНЫХ ПО СОСТАВУ
АРТЕЗИАНСКИХ ВОД ДЛЯ НУЖД ХОЗЯЙСТВЕННО-
ПИТЬЕВОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**