

использованием в качестве дисперсной фазы  $\text{AlPO}_4$ , термообработанного при температуре  $900\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 120 минут.

Выполненный комплекс исследований показал, что электрореологически активный наполнитель ЭРС образуется при термообработке  $\text{AlPO}_4$ , предварительно обезвоженного, при  $900\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 2,5–3 ч. Высказано предположение, что ЭР-активность  $\text{AlPO}_4$  обусловлена образованием дефектной тридимитоподобной структуры за счет термической разупорядоченности, которая особенно характерна для высокодисперсных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ещенко, Л.С. Особенности синтеза высокодисперсных алюмофосфатов состава  $\text{AlPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  / Л.С. Ещенко, О.В. Понятовский // Вес. Нац. акад. Навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2021. – Т. 57, №3. – С. 310–319.
2. Разработка составов дисперсных наполнителей для ЭРС / Л.С. Ещенко, О.В. Понятовский, Е.В. Коробко, З.А. Новикова // «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах»: материалы XI Международной научной конференции, Минск, 24–26 ноября 2020 г. – Минск: ИТМО НАН Беларуси, 2020. – С. 75–81.

УДК 54.058

О.Б. Дормешкин, проф., д-р техн. наук;  
А.Н. Гаврилюк, доц., канд. техн. наук;  
В.И. Шатило, доц., канд. техн. наук;  
М.С. Мохорт, магистрант; А.А. Бышик, инж. (БГТУ, г. Минск)

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВЫХ ФОСФАТОВ**

Ежегодное увеличение потребностей сельского хозяйства и развивающейся промышленности страны в соединениях фосфора, обуславливают необходимость расширения ассортимента выпускаемой продукции на базе экстракционной фосфорной кислоты, способствующие импортозамещению термической и очищенных фосфорных кислот и продуктов на их основе.

Несмотря на наличие промышленной базы по выпуску экстракционной фосфорной кислоты на ОАО «Гомельский химический завод» непосредственная организация производства кормовых фосфатов и

технических солей на ее базе невозможна по причине значительного содержания примесей.

Фосфорная кислота, получаемая сернокислотной экстракцией природных фосфатов, содержит суммарно от 5 до 15 мас. % примесей.

Основными из них являются:

- катионы:  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ti}^{+4}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{NH}^{+4}$  и др.;
- анионы:  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HSO}_4^{-}$ ,  $\text{F}^{-}$ ,  $\text{SiF}_6^{-2}$ ,  $\text{AsO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  и др.

Согласно нормативной документации, при производстве кормовых фосфатов содержание в них фторид иона не должно превышать 0,2 мас. %. По отдельным способам очистки фосфорных кислот имеются довольно многочисленные публикации. Однако, ввиду различий химического и минералогического состава фосфатных руд, используемых для производства фосфорной кислоты, их существенные различия определяют необходимость проведения самостоятельных исследований с учетом особенностей состава конкретных видов фосфатного сырья, а также применяемой для их переработки технологией.

Целью данной работы является выбор наиболее рациональных методов очистки ЭФК, произведенной из фосфоритов Марокко, изучение физико-химических закономерностей процесса и определение оптимальных технологических параметров обесфторивания фосфорных кислот.

Среди известных методов очистки кислот можно выделить следующие: сорбционные, осаждение примесей в виде малорастворимых солей, удаление примесей в газовую фазу при концентрировании горячими газообразными теплоносителями, осаждение примесей при нейтрализации кислоты, обесцвечивание, экстракционные. Однако, не все перечисленные направления пригодны. Так, метод ионного обмена неприемлем из-за высокого содержания примесей в исходной кислоте, метод перекристаллизации – из-за низкой концентрации  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , а применение органических растворителей – из-за отсутствия производства необходимых реагентов в стране и необходимости их импорта при их достаточно высокой стоимости.

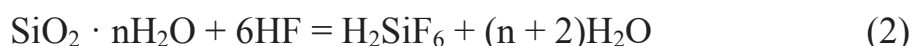
На основании вышесказанного при проведении исследований изучалась очистка фосфорной кислоты методом осаждения фтористых соединений с определением норм расхода осадительных компонентов и отработкой оптимальных технологических параметров процесса. Метод осаждения основан на связывании фтора в виде труднорастворимых кремнефторидов щелочных металлов с последующим отделением осадка с помощью фильтрации.

В качестве осадительного реагента использовалась осадительная суспензия, приготовленная путем смешивания жидкого стекла, соды и 20 % от массы очищаемой фосфорной кислоты.

При смешении фосфорной кислоты с разбавленным жидким стеклом образуется фосфат натрия и активная кремнекислота:



Присутствие активной кремнекислоты позволяет переводить фториды в гексафторсиликат ионы за счет протекания реакции:



При добавлении соды образуется дигидрофосфат натрия и малорастворимый гексафторсиликат натрия по реакциям:

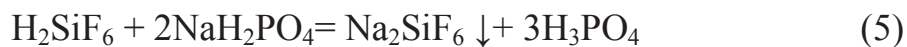


Продолжительность стадии приготовления осадительного реагента составляет 60 мин, при температуре 60–70 °С.

Соду и жидкое стекло дозировали, исходя из общего расхода ЭФК на обесфторивание. Предварительная подготовка осадительной смеси позволяет получить более крупные кристаллы гексафторсиликата натрия, увеличивая скорость и полноту выделения соединений фтора в осадок.

Осаждение фтористых соединений происходит при смешении осадительной суспензии с основным количеством фосфорной кислоты, суспензия перемешивается 60 мин, при температуре 80–90 °С. На данном этапе происходят реакции (2) и (4) в основном объеме ЭФК.

Основное количество фтора связывается в гексафторсиликат натрия, выделяющегося в виде кристаллов:



В процессе очистки от соединений фтора происходит частичное удаление примесей алюминия, железа, кальция, магния, а также сульфатов за счет их сокристаллизации с  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ , в виде различных соединений. Что подтверждается рентгенофазовым анализом образца осадка получаемого на стадии осаждения, где основной фазой является гексафторсиликат натрия, в качестве дополнительных фаз выступают кварц, силикат железа, фторид кальция, гидратированные алюмосиликаты калия, а также алюмосиликат калия натрия.

При осуществлении обесфторивания ЭФК методом осаждения основными параметрами, влияющими на качество получаемой кислоты, является состав осадительной суспензии, а именно соотношение

жидкого стекла и соотношение соды к начальному содержанию фтора, а также продолжительность процесса обесфторивания.

На основании проведенных исследований установлены оптимальные технологические параметры процесса обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты, произведенной из фосфоритов Марокко. Оптимальная норма расхода жидкого стекла для ЭФК составляет 120 мас. %, соды – 140 мас. %, для УЭФК норма расхода жидкого стекла – 120 мас. %, соды – 140 мас. %.

При оптимальных параметрах обесфторивания содержание фтора в очищенной ЭФК составляет 0,07 %, а для УЭФК 0,11 %.

Для достижения представленных результатов по обесфториванию, на основании кинетических зависимостей, продолжительность стадии отстаивания должна составлять для ЭФК не менее 12 часов, а для УЭФК не менее 3 суток, при температуре не выше 20–25 °С. Длительность процесса обесфторивания объясняется повышенной вязкостью фосфорных кислот, что затрудняет процесс диффузии ионов к поверхности кристаллов, соответственно снижается скорость роста кристаллов и способность разделения суспензии с помощью фильтрации.

УДК 667.622.1+546.723

Л.С. Ещенко, проф., д-р техн. наук;  
Р.А. Воронцов, магистрант (БГТУ, г. Минск)

## **О СПОСОБАХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА НА ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

В настоящее время существует проблема дефицита основных первичных источников сырья. Одним из решений данной проблемы является проработка путей использования вторичных источников, а именно побочных продуктов предприятий. Таким сырьем является железный купорос, получаемый на металлургических предприятиях страны. Исходя из потребности Республики Беларусь в пигментных материалах, бесхлорных минеральных удобрениях и наличия соответствующей сырьевой базы, целесообразным является разработка технологии комплексной переработки железного купороса на технические продукты.

В Республике Беларусь железный купорос является побочным продуктом таких предприятий как ОАО «БМЗ» и ОАО «Речицкий метизный завод». Существует также множество источников железного купороса (сульфата железа (II)) в виде технических растворов. Учитывая наличие железного купороса, а также растворов гидроксида калия