

---

## Кремнийоксуглеродные адсорбенты для очистки экстракционной фосфорной кислоты\*

Д. Н. Смирнова<sup>1</sup>, И. С. Гришин<sup>2</sup>, Н. Н. Смирнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт химии растворов*

*им. Г. А. Крестова Российской академии наук*

<sup>2</sup> *Ивановский государственный*

*химико-технологический университет*

---

В зависимости от качества минерального фосфатного сырья экстракционная фосфорная кислота (ЭФК) оказывается загрязненной примесями (примеси составляют 7–10 %). К основным примесям относят фторид-, сульфат-ионы, катионы железа, алюминия, кальция, магния, натрия, калия, а также редкоземельные элементы (РЗЭ), которые, благодаря своим свойствам, являются основным материалом для развития высокотехнологичных отраслей [1; 2]. Несмотря на большие запасы РЗЭ в России, наиболее перспективным является попутное извлечение их при комплексной переработке апатита. С ростом потребления и ассортимента фосфорной кислоты, а также значительным сокращением производства термической фосфорной кислоты в настоящее время проблема комплексной очистки ЭФК и извлечения редкоземельных элементов является важной задачей.

В работе изучены различные типы углеродных адсорбентов: активированный уголь, графит, сажа. Рассмотрены способы активации углеродного материала. Наиболее активными адсорбентами являются системы на основе «уголь — оксид кремния». Изучены системы с различным соотношением уголь: оксид кремния, полученные механохимическим методом в зависимости от времени активации.

Механохимический синтез проведен в ролико-кольцевой вибромельнице VM-4 с энергонапряженностью 878 Вт/кг. Механической

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (проект № FZZW-2020-0010) и с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

обработке в течение 15 мин подвергались несколько смесей АУ и БС с различным массовым соотношением компонентов.

Путем механохимического модифицирования активированного угля марки БАУ оксидом кремния с различной химической активностью был получен кремнийоксиуглеродный адсорбент для очистки экстракционной фосфорной кислоты и извлечения из нее редкоземельных элементов, содержащий в своем составе карбид и оксикарбид кремния [3].

Потенциометрическими исследованиями установлено, что в ЭФК фторид-ионы образуют устойчивые растворимые комплексные соединения с катионами двух-, трех- и четырехвалентных металлов. Поэтому первый этап очистки кислоты связан с разрушением комплексных соединений фтора с катионами.

Дефторирование кислоты проводят при температуре 80–120 °С в аппаратах с развитой поверхностью границы раздела фаз. Данный процесс сопровождается удалением в газовую фазу соединений фтора и образованием осадка труднорастворимых соединений алюминия, железа, кальция и РЗЭ. Установлено, что применение кремнийоксиуглеродного адсорбента существенно повышает скорость разрушения фторсодержащих комплексов и увеличивает сорбционную емкость адсорбентов по отношению к примесям, содержащимся в ЭФК.

Основная часть фтора в кислоте — комплексные соединения с Al, Fe, Si, РЗЭ. В процессе удаления фтора лимитирующая стадия связана с разложением фторсодержащих комплексных соединений. Кремнийоксиуглеродные адсорбенты, адсорбируя на своей поверхности продукты разложения в виде фосфатов Al, Fe, РЗЭ, выполняют роль катализатора в процессе удаления фтористых соединений, ускоряют процесс разрушения комплексов, сдвигая равновесие в сторону образования летучих фтористых соединений, которые удаляются в газовую фазу в виде HF и SiF<sub>4</sub> [4; 5]. Наличие кремнийсодержащих соединений снижает температуру дефторирования за счет увеличения доли SiF<sub>4</sub> в газообразных продуктах, что позволяет повысить производительность и сократить энергетические затраты на дефторирование.

### Список источников

1. Беглов Б. М., Жекеев М. К. Перспективы производства фосфора, удобрений и солей различного назначения на основе экстракционной фосфорной кислоты // Хим. промышленность. 2002. № 5. С. 1–3.
2. Кочетков С. П., Смирнов Н. Н., Ильин А. П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты : монография. Иваново : ГОУ ВПО ИГХТУ, 2007. 304 с.
3. Смирнова Д. Н., Ильин А. П., Смирнов Н. Н. Механохимический синтез кремнийоксиуглеродных адсорбентов для очистки экстракционной фосфорной кислоты // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. 2014. Т. 57, вып. 2. С. 81–86.
4. Пухов И. Г., Смирнов Н. Н., Гордина Н. Е. Способ получения очищенной фосфорной кислоты // Хим. технология. 2010. № 8. С. 462–466.
5. Исследование кислотно-основных свойств поверхности углеродных адсорбентов методом потенциометрического титрования / Д. Н. Смирнова, Н. Н. Смирнов, А. П. Ильин и др. // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. 2014. Т. 57, вып. 12. С. 3–10.2.

.....

### Получение никельсодержащей наноструктурированной поверхности на стеклоуглеродном электроде\*

Е. А. Соловьев<sup>1,2</sup>, П. Я. Эндерс<sup>1,2</sup>, Т. П. Султанов<sup>1,2</sup>,  
С. Т. Минзанова<sup>1,2</sup>, К. В. Холин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

.....

В последнее время получение наноструктурных покрытий имеет широкое применение в области электроники, катализа, оптики и т. д. В данный момент существует несколько эффективных способов получения наноструктур, в зависимости от которых можно

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ КазНЦ РАН.