

Литература:

1. Шагидуллин А.Р. Применение сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для решения задач по управлению качеством окружающей среды // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 1 (29). С. 60-67. DOI: 10.24852/2411-7374.2022.1.60.67/
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь // Энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/energeticheskaya-statistika/> (дата обращения 01.03.2025).
3. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь / Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 № 1084 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://minenergo.gov.by/dfiles/000608_512413__Kontseptsija.pdf (дата обращения 04.03.2025).
4. Безуглая, Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов / Э. Ю. Безуглая. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 184 с.
5. ТКП 17.13-15-2014 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Порядок отбора проб атмосферного воздуха, атмосферных осадков и снежного покрова для определения концентраций загрязняющих веществ и метеорологические наблюдения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: trpa.by. – Дата доступа: 11.03.2025.
6. МВИ. МН 5093-2014. Методика выполнения измерений «Определение концентрации твердых частиц (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль) в атмосферном воздухе. Гравиметрический метод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ОЕИ (oei.by). – Дата доступа: 11.03.2025.

УДК 660 097

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОСФАТОВ КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИОНООБМЕННИКОВ

Круковский А.А., студент

Научные руководители Меженцев А.А., Бурак Г.А.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

В работе проведены исследования по определению обменной емкости фосфатов кремния, полученных путем термообработки смеси кремний и фосфорсодержащих компонентов. Показано, что фосфаты кремния могут быть использованы в качестве ионообменников.

Ключевые слова: фосфат кремния, кремнегель, ионообменник, статическая обменная емкость

Фосфаты четвертой группы периодической системы Д.И. Менделеева обладают комплексом свойств, позволяющих использовать их в различных отраслях техники. Кислые фосфаты титана и сурьмы широко используются в качестве неорганических ионообменников. Средние безводные фосфаты кремния, благодаря высокой химической и термической устойчивости и небольшому коэффициенту термического расширения, высокой белизне, могут быть использованы для изготовления специальных огнеупорных материалов, в качестве пигментов и наполнителей в лакокрасочной промышленности, при производстве эмалей, изделий из пластмасс, бумаги. Ввиду большого влияния, которое оказывает на свойства образующихся фосфатов кремния природа кремнеземсодержащего компонента, и, учитывая, что в качестве исходных компонентов использовали кремнегель – отход производства фтористого алюминия и экстракционную фосфорную кислоту, для уточнения областей использования были исследованы некоторые эксплуатационные характеристики полученных фосфатов кремния.

В работе [1, 2] исследованы ионообменные свойства соединений $2\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ и $\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, обусловленные наличием сильнокислотных P-OH и слабокислотных Si-OH центров. Установлено, что фаза $\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, полученная при 700°C , устойчива к гидролизу в воде и HCl и разрушается в NaCl и NaOH в отличие от фазы $2\text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, полученной при 1000°C , обладающей более высокой стойкостью в этих средах.

Синтез образцов фосфатов кремния для определения ионнообменной емкости проводили путем термообработки смеси кремний- и фосфорсодержащих компонентов в неподвижном слое при определенном соотношении $\text{SiO}_2 : \text{P}_2\text{O}_5$ времени взаимодействия и температуре. После отмывали от свободной H_3P_4 с последующей сушкой при $150 - 200^\circ\text{C}$.

Изучение ионнообменной емкости фосфатов кремния проводили по следующей методике. Статическую обменную емкость (СОЕ) при 100°C определяли как сильнокислотных (P-OH) и слабокислотных (Si-OH) центров. Обработку образцов проводили кипячением в 1н растворах хлорида и ацетата натрия в течение трех часов [1, 2]. Затем содержимое отфильтровывали и титрованием определяли количество кислотных центров. Количество сильно- и слабокислотных центров определяли также при комнатной температуре по методике [3], которая предусматривает обработку 0,1 н растворами NaCl для определения СОЕ по сильнокислотным центрам и NaOH для определения полной статической обменной емкости. Ионообменную емкость по слабокислотным центрам в этом случае определяли по разности между полной статической обменной емкостью и обменной емкостью по сильнокислотным

центрам. При определении COE фосфатов кремния учитывали их гидролиз, для чего параллельно проводили обработку образцов водой. COE по сильно- и слабокислотным центрам определяли по формуле:

$$\text{COE} = \frac{Q_1(V_1 - V_2)}{G_1} - \frac{Q_1 V_3}{G_3}, \text{ мг/экв/г}$$

где V_1 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на контрольное титрование исходного раствора, мл;

V_2 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на титрование фильтрата при обработке образцов растворами хлорида или ацетата натрия, а также раствором NaOH, мл;

G_1 – навеска образца при обработке его растворами NaOH, хлорида или ацетата натрия;

V_3 – объем раствора NaOH или HCl с концентрацией 0,1 н, израсходованный на титрование фильтрата при обработке образцов водой, мл;

G_2 – навеска образца при обработке его водой, г.

Условия синтеза образцов и результаты определения статической обменной емкости (COE) приведены в таблице 1. COE фосфата кремния сравнивали с обменной емкостью цветного ионита, полученного путем термообработки при 1000°C смеси диатомита ($\text{SiO}_{2\text{обц}} - 80 - 81\%$, $\text{SiO}_{2\text{аморф}} - 32\%$) и P_2O_5 (опыт 1, табл. 1).

Таблица 1 – условия получения и результаты исследования ионообменных свойств фосфата кремния

№ пп	Условия синтеза фосфата кремния			Статическая обменная емкость (COE), мг-экв/г					
	Вид использу- емого сырья	Темпера- тура, °C	Мольное соотно- шение $\text{SiO}_2:\text{P}_2\text{O}_5$	100°C			20°C		
				P- ОН	Si- ОН	Общая	P- ОН	Si- ОН	Общая
1	Ионит сравнения	1000	4,2:1	3,1	8,6	11,7	0,12	0,90	1,02
2	Кремне- гель, P_2O_5 (дегидрати- рованный)	400	2,5:1	4,9	11,1	15,0	2,0	3,7	5,1
3	- // -	500	4:1	5,0	12,3	15,3	1,0	3,6	4,1
4	- // -	700	1:1	5,1	12,1	16,2	1,6	2,9	3,5
5	Кремне- гель, H_3PO_4 (дегидрати- рованный)	400	4:1	3,9	12,3	15,0	2,0	4,2	5,2
6	- // -	500	2,5:1	4,0	9,7	15,3	2,2	2,6	3,8
7	- // -	500	4:1	6,5	8,7	16,2	1,4	2,8	3,2

При определении СОВ учитывали гидролиз фосфатов кремния, для чего параллельно проводили обработку образцов водой.

Из представленных в таблице данных видно, что ионообменная ёмкость фосфата кремния, полученного путем термообработки кремнегеля и фосфорсодержащего компонента (H_3PO_4 , P_2O_5), при 400-700°C (опыты №2-7), при комнатной температуре в 2,5-4 раза выше статической обменной ёмкости фосфата кремния, полученного взаимодействием диатомита с пятиокисью фосфора. На основании полученных данных был предложен способ получения ионообменного материала.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены образцы фосфата кремния, обладающего высокой обменной емкостью по отношению к щелочным металлам.

Литература

1. Мдивнишвили, О.М. Синтез силикофосфатного адсорбента на основе диатомита и P_2O_5 / Мдивнишвили О.М., Махарадзе Л.В., Хучуа Е.А. // Изв. АН ГССР. Сер. хим. – 1985. – Т.11, № 3. – С. 204–208.

2. Мдивнишвили, О.М. Рентгенографическое и физико-химическое исследование силикофосфатного адсорбента / Мдивнишвили О.М., Махарадзе Л.В., Хучуа Е.А. // Изв. АН ГССР. Сер. хим. – 1985. – Т.11, № 4. – С. 284–287.

3. Краткий справочник по химии / под ред. Пилипенко А.Т. – Киев: Наукова думка, 1987. – 828 с.

УДК 628.3

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ

Кулага А. А., студент

Научный руководитель Морзак Г. И.

Белорусский национальный технический университет, Беларусь

Система дождевой канализации предназначена для сбора, очистки и отвода поверхностного стока с производственной площадки предприятия. Объект хозяйствования осуществляет обращение с загрязненными дождевыми сточными водами. Для вод поверхностного стока характерно содержание веществ природного и техногенного происхождения. Для выбора оптимального методы очистки таких вод необходимо учитывать не только их происхождение, но и физико-химические характеристики. Для эффективности очистки применяют многоступенчатые схемы.

В статье рассмотрена базовая схема обращения с водами поверхностного стока с территории предприятия.

Ключевые слова: поверхностный сток, дождевая (ливневая) канализации предприятия, очистные сооружения поверхностных сточных вод.