

ЛИТЕРАТУРА

1. Sanchez-Monjaras, T. Molten salt synthesis and characterization of polytitanate ceramic precursors with varied $\text{TiO}_2/\text{K}_2\text{O}$ molar ratio / T. Sanchez-Monjaras, A. V Gorokhovskiy, J. I. Escalante-Garcia // J. Am. Ceram. Soc. –2008. – Vol. 91, № 9. - P. 3058-3065.

2. Гороховский А.В. Сорбционная и фотокаталитическая активность нанопорошков полтитаната калия с различной степенью протонирования / А.В. Гороховский, Е.В. Третьяченко, Д.С. Ковалева, Л.А. Максимова, И.С. Милещенко, И.А. Ильиных // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2016. - № 1. – С. 29-37.

3. Остапенко Г.Т. Влияние физико-химических условий на гидротермальный синтез магнитных кристаллов диоксида хрома / Г.Т. Остапенко, Б.М. Мицюк, Н.В. Гузь, В.А. Куц // Минералогический журнал –2008- № 2. С. 75-79.

УДК 544.723

К.Е. Ермекова, А.А. Агатаева,
Р.А. Кайынбаева, Р.М. Чернякова,
У.Ж. Джусипбеков
(АО «Институт химических наук
им. А.Б. Бектурова», г. Алматы,
Республика Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ КАТИОНОВ СЕРЕБРА (I) И ИНДИЯ (III) ПРИРОДНЫМ ЦЕОЛИТОМ В ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ

В Республике Казахстан достаточно развита фосфорная промышленность, базирующаяся на фосфоритах Каратау, которые являются мощной сырьевой базой производства фосфора, фосфорных солей и удобрений, не только в Казахстане, но и во всем Средне-Азиатском регионе. Однако постепенное ухудшение качества фосфоритов привело к поставкам на производство руды с содержанием не более 24,5% P_2O_5 . В связи с этим производство элементарного фосфора электротермической переработкой фосфатов сопряжено с образованием различных техногенных фосфорсодержащих отходов, среди которых к многотоннажным отходам относится котельное «молоко», которое является трудно разрушаемой эмульсией переменного состава. Его переработка затруднена по ряду причин. Вследствие этого жидкие фосфорные отходы складываются в отстойниках. Наличие в котельном «молоке»

фосфорных заводов, работающих на агломерационном сырье редких и благородных металлов, в частности Ag, In, Ga, позволяет рассматривать его как дешевый сырьевой источник их получения.

Из существующих способов выделения серебра, галлия и индия адсорбционные методы с использованием ионообменных смол являются наиболее простыми, доступными и эффективными. Однако синтетические аниониты, катиониты относятся к дорогостоящим ионообменникам. Основные требования, предъявляемые к ионитам и катионитам, состоят в том, что они должны обладать высокой обменной емкостью, химической стойкостью к растворам кислот и щелочей и механической прочностью. Таким требованиям отвечает природный цеолит. Уникальная совокупность его свойств – устойчивость к действию высоких температур и агрессивных сред, селективность по отношению к крупным катионам щелочных, редкоземельных и тяжелых металлов, высокая поглощающая способность, а также доступность и дешевизна обуславливают широкий диапазон их использования в качестве адсорбентов. Среди цеолитов, разведанных в Казахстане, выделяется высококремнистый цеолит Шанканайского месторождения. Крупный массив месторождения и его расположение на юге республики делают возможным использование такого сырья в процессах извлечения полезных компонентов из техногенных отходов.

В связи с изложенным исследован процесс сорбции катионов серебра (I) и индия (III) в их совместном присутствии природным цеолитом на модельной системе «цеолит–Ag⁺–In³⁺–H₂O» при постоянной концентрации ионов Ag⁺ и In³⁺ (100 мг/л), которую создавали введением в раствор расчетного количества AgNO₃ и In(NO₃)₃·3H₂O, марки х.ч., и pH 4. Методом математического моделирования процесса [1, 2] изучено влияние нормы цеолита X₁ (Т:Ж=0,5-3:100, масс.ч.), температуры (25 - 60°C) X₂ и времени X₃ (5 - 60 мин) на сорбционную способность цеолита. Получены уравнения регрессии 1 и 2, адекватно описывающие процесс сорбции катионов Ag⁺ ($F < F_{1-p}(f_1, f_2) = Y_{Ag} 3,841 < 4,699$) и In³⁺ ($F < F_{1-p}(f_1, f_2) = Y_{In} 4,294 < 4,699$).

$$Y_{Ag} = 91,762 - 6,732X_1 - 6,158X_2^2 \quad (1)$$

$$Y_{In} = 62,811 + 12,704X_3 \quad (2)$$

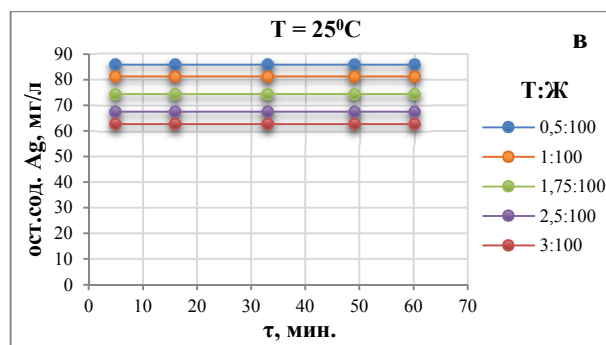
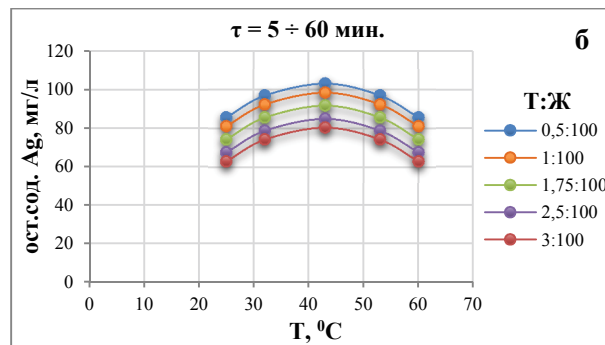
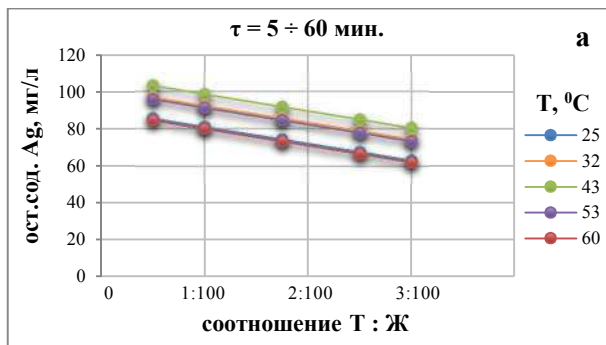
Анализ уравнения регрессии сорбции катионов Ag⁺ (уравнение 1) показал, что норма цеолита взаимосвязана с температурой. Коэффициенты в уравнении имеют практически равнозначное влияние, но отрицательны. Выявлено, что увеличение нагрузки

сорбента уменьшает остаточное содержание катионов Ag^+ (рисунок 1а), т.е. повышает степень их сорбции. Это является следствием роста массы цеолита. Сорбционные кривые в зависимости от температуры носят экстремальный характер с выраженным *max* при 43 °С (рисунок 1б). Одну и ту же степень сорбции катионов Ag^+ (27-37%) для всех соотношений Т:Ж можно получить при 25 и 60°С. Появление *max* на кривых сорбции катионов Ag^+ от температуры обусловлено процессом их десорбции, т.е. переходом сорбированных катионов из цеолита обратно в раствор. Наибольшая степень сорбции катионов Ag^+ имеет место при Т:Ж = 3:100 (20-37 %), 25 и 60 °С.

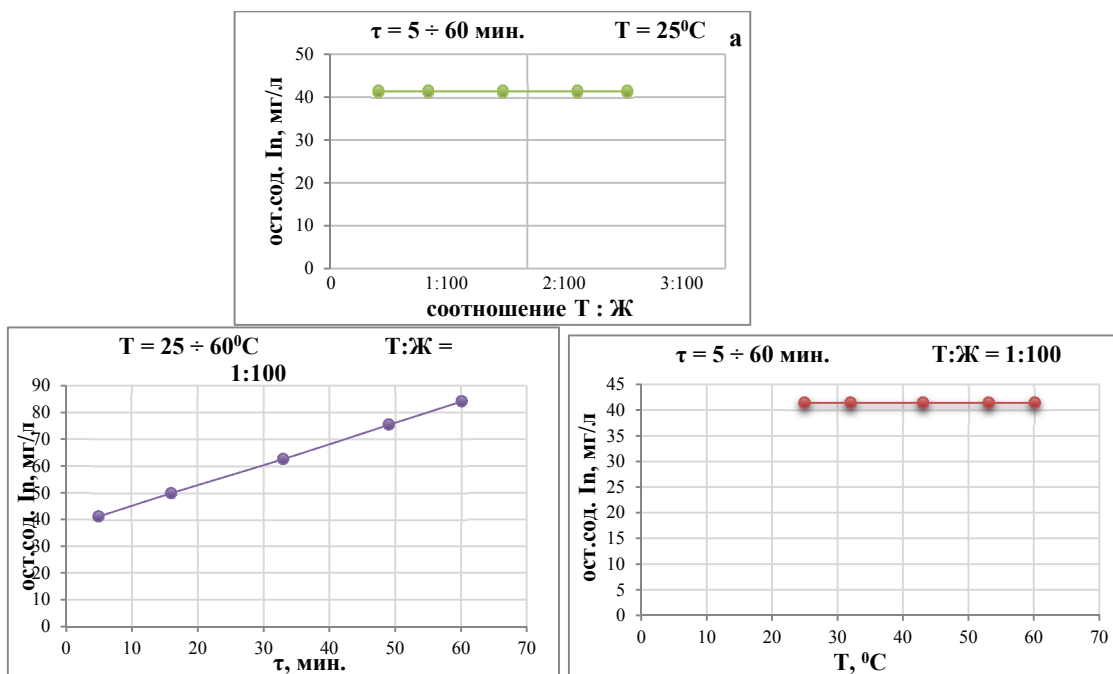
Кривые сорбции катионов серебра (I) от времени имеют прямолинейный характер (рисунок 1в). Во всем исследуемом интервале температур и расхода цеолита остаточное содержание катионов Ag (I) остается постоянным. Продолжительность процесса не влияет на сорбцию ионов серебра (I).

Что же касается сорбции катионов In^{3+} , то процесс не зависит от нормы цеолита и температуры, что отражается на рисунке 2 единой зависимостью для любого соотношения Т:Ж и температуры во всем исследуемом интервале времени. Причем, с ростом нагрузки сорбента и температуры остаточное содержание ионов In^{3+} остается постоянным (рисунок 2 а, б). Наибольшая степень сорбции достигается при Т:Ж=0,5:100 и 25°С и с ростом данных факторов процесса не изменяется.

Сорбция катионов In (III) определяется одним фактором – временем (уравнение 2, рисунок 2 в). С увеличением времени остаточное содержание катионов In^{3+} в жидкой фазе системы возрастает, т.е. степень сорбции снижается (рисунок 2 в). Высокая степень сорбции ионов In^{3+} достигается в течении 10 мин и составляет 58,6%. Дальнейшее повышение времени оказывает отрицательное влияние – увеличивает остаточное содержание ионов In^{3+} в жидкой фазе системы, т.е. уменьшает степень их сорбции. Это является следствием десорбции поглощенного катиона индия (III) из цеолита в жидкую фазу системы. Процесс их десорбции с увеличением времени с одной стороны, возможно, обусловлен физической адсорбцией небольшой части катионов In^{3+} на цеолите, а с другой стороны – стремлением системы к равновесию, т.к. процесс протекает в неравновесных условиях.



а - норма цеолита (Т:Ж); б – температура, °С; в – время, мин.
 Рисунок 1 – Влияние исследуемых факторов на остаточное содержание катионов Ag (I) в жидкой фазе системы



а - норма цеолита (Т:Ж); б – температура, °С; в – время, мин.
 Рисунок 2 – Влияние исследуемых факторов на остаточное содержание катионов In (III) в жидкой фазе системы

Процесс десорбции катионов Ag (I), наблюдаемый в условиях увеличения температуры (рисунок 1б), вероятно, связан с предпочтительным поглощением катионов In³⁺ по сравнению с катионами Ag⁺. Это обусловлено меньшим радиусом катиона In³⁺ (0,92 Å) по сравнению с катионом Ag⁺(1,13Å).

Таким образом полученные данные по одновременной сорбции катионов Ag⁺ и In³⁺ природным цеолитом показали, что при 43°C и норме сорбента 0,5г на 100г можно практически полностью исключить сорбцию катионов Ag⁺, а сорбцию катионов In³⁺ можно регулировать временем процесса, чем длительнее процесс тем меньше его сорбируется природным цеолитом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ахназарова С.Л., Драздова В.И., Коновалова Н.В., Кафаров В.В. Математическое моделирование азотнокислотного разложения котрельного молока / Химическая промышленность. - 1984. - №7. – С. 428-430.

2 Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М., Высшая школа, 1985. - 327 с.

УДК 543.054

А.С. Карсункина, Лебедев А.Н., магистранты,
Е.А. Новикова, к.х.н.
(Самарский университет, г. Самара)

АНАЛИЗ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННЫХ СИСТЕМ

Вопрос анализа воздушной среды является актуальным, так как воздух постоянно загрязняется различными токсичными веществами от автомобилей, промышленных предприятий. Необходимо контролировать качественный и количественный состав компонентов, попадающих в атмосферный воздух.

Методики для осуществления контроля атмосферного воздуха являются эффективными и надежными, но они в полной мере не соответствуют актуальным потребностям в чувствительности и достоверности [1]. Создание таких методик и их модернизация представляет собой ответственную и сложную задачу из-за строгих требований, которые к ним предъявляются [2].

Существует множество инструментальных методов в аналитической химии для определения токсичных веществ в