СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ ИК-АНАЛИЗ СИНТЕЗИРОВАННОГО ЦЕОЛИТА NaY.

Абдуллаханова Гулрух

базовый докторант Кокандского государственного университета, Узбекистан, г. Наманган

E-mail: gulrukhabdullakhonova@gmail.com

Эсонкулова Назирахон

докторант Наманганского государственного технического университета, Узбекистан, г. Наманган,

E-mail: naziraxon.esonqulova@mail.ru

Гайбуллаева Дилдора

Филиал Российского государственного университета нефти и газа (Национального исследовательского университета имени И.М. Губкина в Ташкенте, Узбекистан,

E-mail: xurramovadildora0@gmail.com

АННОТАЦИЯ. Структурные и фазовые характеристики полученного материала были изучены методом инфракрасной спектроскопии (ИК)**.** Результаты ИК-анализа выявили характерные колебания связей Si-O-Si и Si-O-Al**,** подтверждающие формирование алюмосиликатного каркаса. Дополнительно были зафиксированы полосы, соответствующие содалитовым клеткам, а также присутствие адсорбированных молекул воды и гидроксильных групп. Таким образом, совокупность данных ИК-спектроскопии демонстрирует, что

синтезированный NaY цеолит обладает высокой степенью кристалличности, фазовой чистотой и устойчивой каркасной структурой. Полученные результаты подтверждают перспективность данного материала для применения в процессах адсорбции, ионного обмена и катализа.

Ключевые слова: NaY цеолит, фожазит, алюмосиликат, ИК-спектроскопия (FTIR), степень кристалличности, фазовая чистота, адсорбция, катализ.

Введение. NaY цеолиты широко применяются в промышленности как высокоэффективные адсорбенты и катализаторы. В процессах ионного обмена их селективность повышается, что расширяет возможности применения в разделении газов, очистке воды и энергетике [1-5]. Поэтому синтез NaY цеолита на основе чистых химических веществ и глубокое изучение его свойств имеют большое научное и практическое значение [6-8].

Кроме того, получение NaY цеолита в нанокристаллической форме и его модификация катионами Li^+, K^+ или Ca^{2+} посредством ионного обмена дополнительно расширяют его селективные адсорбционные и каталитические свойства. Это открывает перспективы применения в хранении энергии, разделении газов, экологической очистке и электрохимических процессах [9-10].

Таким образом, синтез и изучение структурных свойств NaY цеолита имеют большое значение не только для фундаментальных научных исследований, но и для промышленной практики. Основная цель работы-изучение процесса гидротермального синтеза NaY цеолита на основе ($NaAlO_2$) и (Na_2SiO_3) и научное обоснование механизмов его кристаллизации. Такой подход позволяет точно контролировать составные соотношения и получать NaY цеолит с высокой степенью кристалличности и упорядоченной морфологией. Полученные

результаты служат основой для глубокого анализа фазовой чистоты и адсорбционных свойств, открывая перспективы промышленного применения в разделении газов, очистке воды и каталитических процессах.

IRанализ. Результаты инфракрасной (IR) спектроскопии позволили детально изучить каркасную структуру и химические связи цеолита NaY. В спектре были зафиксированы несколько характерных зон колебаний. Широкая полоса в области около 3541 $см^{-1}$ соответствует гидроксильным (OH) группам и указывает на наличие адсорбированных молекул воды в каркасе цеолита. Интенсивный пик при 1647 $см^{-1}$ связан с деформационными колебаниями молекул воды (рисунок 1).

Основные колебания алюмосиликатного каркаса наблюдаются при 1429 $см^{-1}$ и 1037 $см^{-1}$. Резкий пик при 1037 $см^{-1}$ соответствует асимметричным валентным колебаниям связей Si-O-Si и Si-O-Al, что подтверждает полное формирование кристаллического каркаса цеолита NaY.

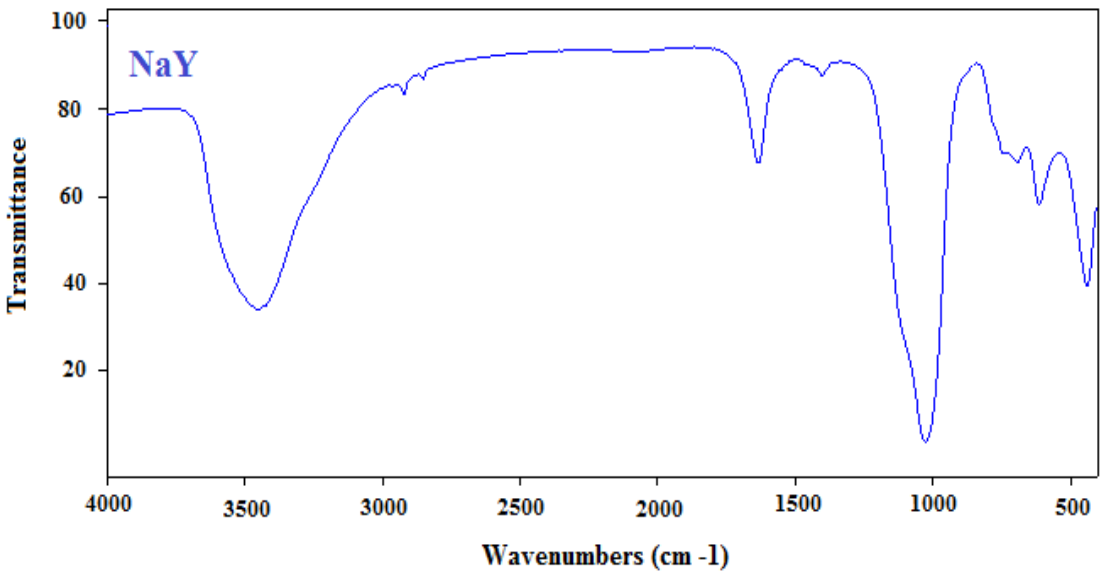


Рисунок 1. FTIR спектр синтезированных кристаллов NaY цеолита

Пики при 733 $см^{-1}$ и 649 $см^{-1}$ характерны для содалитных ячеек и свидетельствуют о стабильности каркасной структуры. Наконец, низкочастотный пик при 449 $см^{-1}$ соответствует изгибным колебаниям связей Al-O и Si-O.

Совокупность указанных полос в IR-спектре подтверждает высокую степень кристалличности цеолита NaY, полное формирование алюмосиликатного каркаса и стабильность содалитных структурных единиц. Эти результаты, в сочетании с данными XRD-анализа, свидетельствуют о высокой фазовой чистоте и кристалличности синтезированного материала, а также научно обосновывают его эффективное применение в процессах адсорбции, ионного обмена и катализа.

Заключение. Цеолит типа NaY был успешно синтезирован гидротермальным методом с использованием чистых химических реагентов - алюмината натрия ($NaAlO_2$) и силиката натрия (Na_2SiO_3). В процессе синтеза готовили растворы NaOH, $NaAlO_2$ и Na_2SiO_3, после чего формировали гель. Полученный гель подвергали кристаллизации в автоклаве с тефлоновым покрытием при 120 °C в течение 24 часов. Далее продукт проходил стадии фильтрации, промывки, сушки и прокаливания при 550 °C. Такой подход позволил получить NaY цеолит с высокой степенью кристалличности и фазовой чистотой. Результаты инфракрасной (ИК) спектроскопии подтвердили формирование алюмосиликатного каркаса. В спектре были зафиксированы интенсивные колебания при 1037 $см^{-1}$, соответствующие связям Si-O-Si и Si-O-Al, что указывает на завершённость формирования каркасной структуры. Пики при 733 и 649 $см^{-1}$ свидетельствуют о наличии содалитных структурных единиц, а полосы при 3541 $см^{-1}$ и 1647 $см^{-1}$ соответствуют гидроксильным группам и

адсорбированной воде. Таким образом, совокупность данных ИК-анализа демонстрирует, что синтезированный NaY цеолит обладает высокой степенью кристалличности, фазовой чистотой и устойчивой каркасной структурой. Полученный материал является перспективным сорбентом, который может эффективно применяться в процессах адсорбции, ионного обмена и катализа.

Список литературы.

1. Silva C. Adsorption Capacity of NaY Zeolite for CO_2 Separation. Sep. Purif. Technol. -2020. -250. -P.117–125.
2. Zhao Y., Liu H. Catalytic Performance of Modified NaY Zeolite. Appl. Catal. B. -2021. -296. -P.120–129.
3. Fernández J., López M. Hydrothermal Synthesis of High-Purity NaY Zeolite. Mater. Lett. -2022. -320. -P.132–139.
4. Brown D., Wilson K. NaY Zeolite Nanoparticles: Synthesis and Characterization. Chem. Soc. Rev. -2023. -52. -P.456–470.
5. Chen H., Wu L. NaY Zeolite for Water Treatment Applications. Desalination. -2024. -575. -P.115–124.
6. Ahmed M., Khan S. Ion Exchange of NaY Zeolite with Li^+ Ions. Electrochimica Acta. -2021. -389. -P.138–147.
7. Yamamoto T., Ito K. NaY Zeolite in Gas Separation Processes. J. Membrane Sci. -2022. -658. -P.120–130.
8. Johnson E., Taylor R. Hydrothermal Growth Mechanism of NaY Zeolite. J. Cryst. Growth. -2023. -602. -P.45–53.
9. Petrescu V., Ionescu A. NaY Zeolite as Catalyst in Isomerization Reactions. Catal. Sci. Technol. -2025. -15(4). -P.765–774.
10. Martínez S., Gómez F. NaY Zeolite Applications in Energy Storage. Energy & Fuels. -2024. -38(12). -P.9876–9885.