

**Химия. БЖД**

УДК 66.084.8

**Еранская Татьяна Юрьевна**

Институт геологии и природопользования ДВО РАН

г. Благовещенск, Россия

E-mail: [taerta@mail.ru](mailto:taerta@mail.ru)**Eranskaya Tatiana Yurievna**

Institute of Geology and Management, FEB RAS

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: [taerta@mail.ru](mailto:taerta@mail.ru)**ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕОЛИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА****PREPARATION OF ZEOLITE A USING ULTRASOUND**

*Аннотация.* Применение ультразвукового метода синтеза позволяет сократить время производства цеолита из метакеолинита и гидроксида натрия до двух дней. Установлены условия для получения продукта с содержанием фазы LTA более 90%.

*Abstract.* The application of the ultrasonic synthesis method makes it possible to reduce the production time of zeolite from metakaolinite and sodium hydroxide to 2 days. Conditions have been established for obtaining a product with an LTA phase content of more than 90%.

*Ключевые слова:* цеолит, метакеолинит, ультразвуковой синтез, термохимическая кристаллизация.

*Key words:* zeolite, metakaolinitis, ultrasonic synthesis, thermochemical crystallization.

**DOI: 10.22250/20730268\_2023\_103\_80**

Цеолиты – это кристаллические вещества с регулярной системой сообщающихся полостей, выходящих на поверхность в виде пор. Искусственно полученные цеолиты широко используются в технологиях жидкостного каталитического крекинга, в разделении газов, при производстве материалов со специальными свойствами и в других современных технологиях. В отличие от природных их кристаллы имеют строго определенную структуру, постоянный состав и одинаковые размеры пор [1, 2].

Наиболее изучены алюмосиликатные цеолиты. Их кристаллическая решетка состоит из алюмосиликатных тетраэдров, которые в зависимости от технологии образуют простые или сложные кольца.

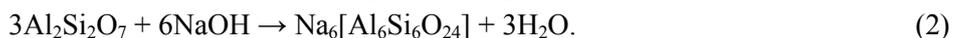
В качестве исходных компонентов для синтеза подобных цеолитов используют гели или аморфные алюмосиликаты и щелочные металлы. Процесс получения цеолита состоит из нескольких этапов: собственно синтез, низкотемпературное гидротермирование, зародышеобразование, кристаллизация. Процесс может занимать несколько дней. Наиболее затратной по времени является стадия термохимической кристаллизации.

В настоящее время для интенсификации процесса синтеза вместо традиционного автоклавного применяют методы механохимической или ультразвуковой активации [3-5]. В первом случае сухие исходные компоненты подвергают ударно-сдвиговым нагрузкам, во втором на их смесь в водном растворе воздействуют ультразвуковой кавитацией.

В настоящей работе представлены результаты лабораторных исследований по ультразвуковой

активации синтеза цеолита из метакаолинита в водном растворе гидроксида натрия. Используются аморфный метакаолинит, полученный отжигом природного каолинита Чалганского месторождения в Амурской области при 700 °С в течение 4 часов [3, 4, 6], и гидроксид натрия в форме пластинчатых хлопьев. Процесс выполнялся в специальной лабораторной ультразвуковой установке с диапазоном механических колебаний  $20 \pm 2$ , амплитудой колебаний торцевой поверхности концентратора 25-30 мкм, принципом преобразования электрических колебаний в механические (пьезоэффект).

В результате ультразвукового синтеза метакаолинита в водном растворе гидроксида натрия получены две основные цеолитные структуры: LTA (1) и SOD (2), где LTA – type A Linde и SOD – sodalite.



Ультразвуковому воздействию подвергали три образца, со временем воздействия 60, 30, 15 мин. Из промытого и слегка влажного осадка формировали частицы размерами 3-5 мм, которые подвергали термической обработке при 650 °С в течение 4 часов, затем проводили гидротермальную кристаллизацию в растворе NaOH (2 моль/л) при 100 °С за 4 часа. В результате получали цеолит NaA, где более 90% составляет структура LTA (рис. 1), а гранулы имеют характерную для этого типа цеолита форму (рис. 2).

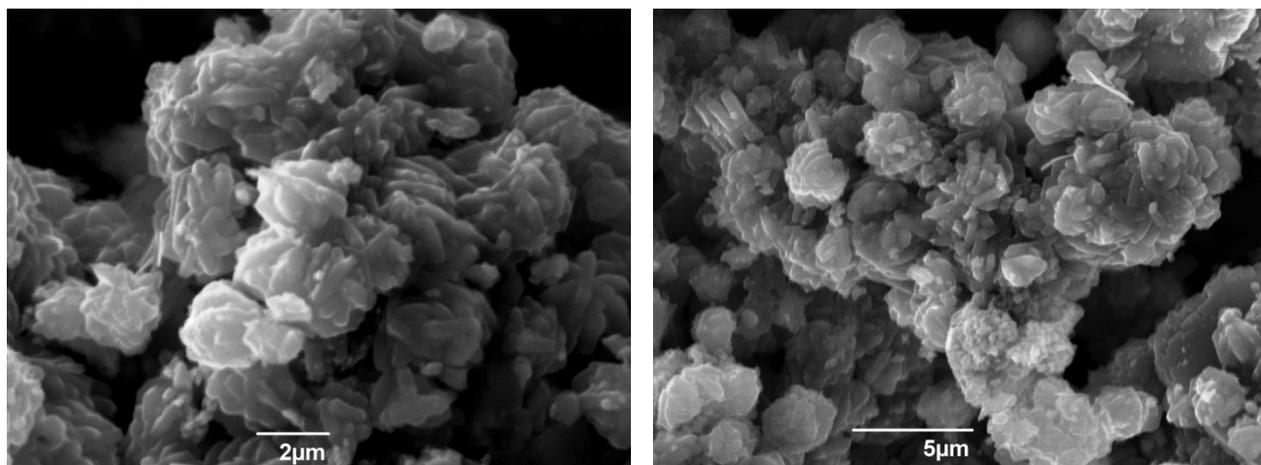


Рис. 1. Микрофотографии полученного цеолита.

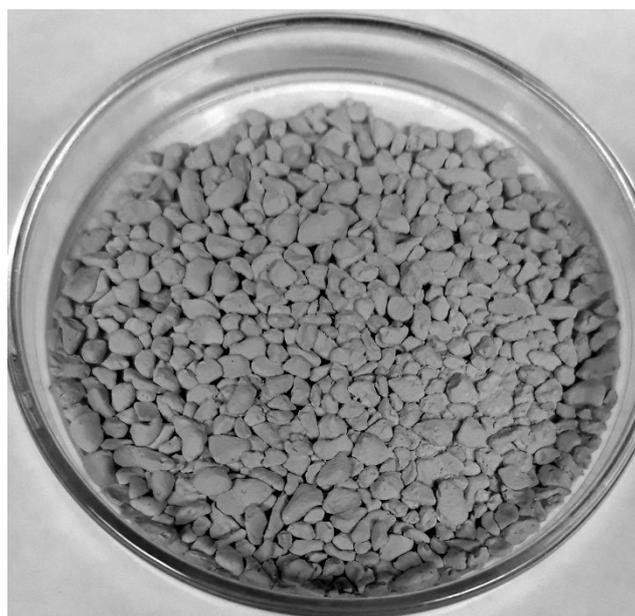


Рис. 2. Цеолит (класс крупности -2,5+1,25).

Рассевом получено распределение гранул по классам крупности (рис. 3). В разных отраслях промышленности могут использоваться все классы. Например, гранулы малого размера в каталитическом крекинге удешевляют процесс за счет уменьшения фильтрующего столба при увеличении плотности упаковки гранул и высокой суммарной поверхности гранул. С этой целью в зависимости от требований могут быть использованы все классы из этого ряда, кроме самого мелкого. Пылевидная форма цеолита может применяться в других технологиях путем укрупнения с применением связующего.

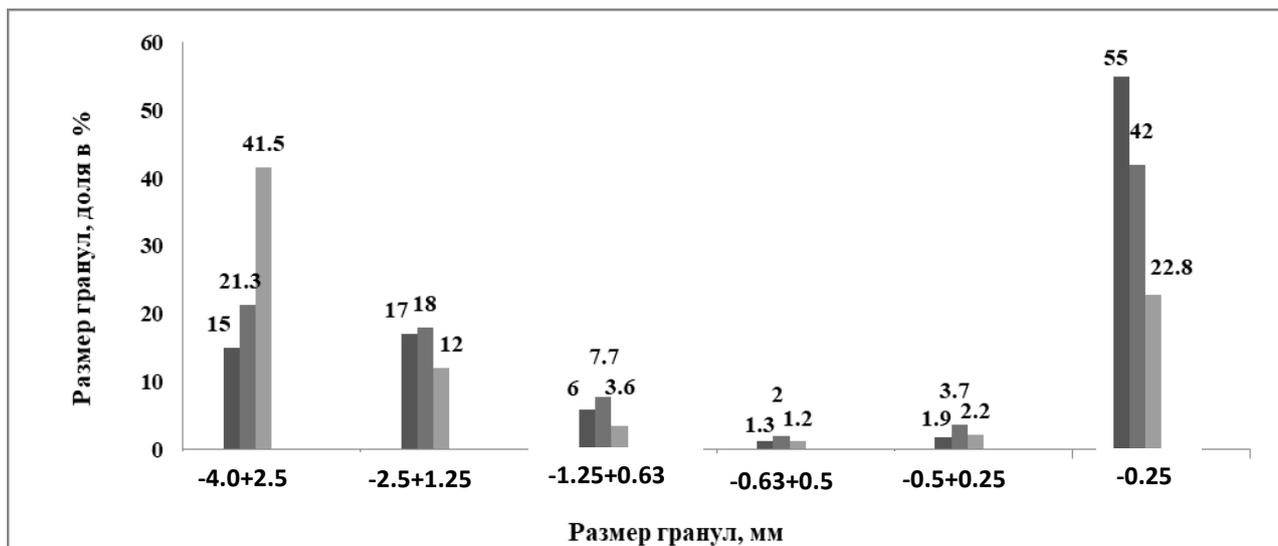


Рис. 3. Распределение гранул по классам крупности:

■ – 60 мин. ■ – 30 мин. ■ – 15 мин.

Разрабатываемая технология ультразвукового синтеза цеолита из местного каолинит-содержащего сырья показала перспективность данного направления исследований. Полученные результаты близки к данным из литературных источников. Время, затрачиваемое на производство цеолита, сокращается на порядок, ультразвуковой синтез не требует громоздкого оборудования, качество конечной продукции не уступает качеству продукции, полученной по традиционной автоклавной технологии.

1. Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита. Структура, химия и применение. – М.: Мир, 1976.
2. Природные цеолиты. // Материалы Всесоюзного семинара «Геология, генезис и использование цеолитов». – М.: Наука, 1980. – 231 с.
3. Tiffany Yit Siew Ng, Thiam Leng Chew, Yin Fong Yeong. Synthesis of small pore zeolite via ultrasonic-assisted hydrothermal synthesis // *Materials Today: Proceedings*, – 2019 – 16. 1935-1941.
4. Sima Askari, Shayan Miar Alipour, Rouein Halladj, Mohammad Hossein Davood Abadi Farahani. Effects of ultrasound on the synthesis of zeolites: a review // *Journal of Porous Materials* volume. – 2013. – №20. – P. 285-302.
5. Гордина, Н.Е., Прокофьев, В.Ю. Получение синтетического LTA-цеолита из механоактивированных смесей метакаолинита. // *Известия вузов. Серия «Химия и химическая технология»*. – 2013. – Т.56, 10. – С. 79-84.
6. Gordina, N.E., Prokof'ev, V.Yu., Kul'pina, Y.N., Petuhova, N.V., Gazahova, S.I., Hmylova, O.E. Effect of ultrasound on the synthesis of low-modulus zeolites from a metakaolin. // *Ultrason Sonochem.* – 2016. – №33 – P. 210-219.