

экономического развития, требующая стратегического и этически обоснованного подхода.

Список использованных источников

1. Brynjolfsson E., McAfee A. The Second Machine Age. — New York: W.W. Norton & Company, 2020.
2. Ivanov A.V. Искусственный интеллект: теория и практика. — Москва: Наука, 2023.
3. Kaplan A., Haenlein M. Artificial Intelligence and the Future of Society // Computers in Human Behavior. — 2020.
4. М. Т Мырадов, С. Н. Назарова. Современные технологии распознавания речи. 2024. Наука и мировоззрение. Стр. 301-305
5. Мт Мурадов, Од Чарыева, Нч Реджепмырадова. Модели и алгоритмы в системах анализа речевых сигналов (2023) Всемирный ученый. Стр. 156-163
6. Мырадов М. Какаджикова А. Г. Создание мобильного приложения с элементами аг: от концепции до реализации наука и мировоззрение.// Science and world view (2025) Стр. 89-95
7. М.Т. Мурадов, О.Д. Чарыева, Н.Ч. Реджепмырадова. Модели и алгоритмы в системах анализа речевых сигналов (2023) Всемирный ученый. Стр. 156-163

УДК 661.635 (088.8)

Е.В. Габалов, М.А. Зильберглейт, Д.С. Евдокимов

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ И МИКРОВОЛНОВОЙ СИНТЕЗ ФОСФАТА БОРА ВРО₄

***Аннотация.** Рассмотрены области использования и представлены характеристики кристаллического фосфата бора, полученного в условиях гидротермального и микроволнового синтеза.*

E.V. Gabalov, M.A. Silbergleit, D.S. Evdokimov

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

HYDROTHERMAL AND MICROWAVE SYNTHESIS OF BORON PHOSPHATE BPO_4

***Abstract.** The areas of application are considered and the characteristics of crystalline boron phosphate obtained under conditions of hydrothermal and microwave synthesis presented..*

Фосфаты бора являются перспективными, технически важными материалами со многих точек зрения. Нерастворимый кристаллический (тетрагональный) фосфат бора устойчив до температур порядка $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ и находит применение как составная часть высоковольтных изоляторов и высокотемпературной стеклокерамики, в качестве реактива в лабораторной практике. Каталитические свойства фосфата бора обуславливают его применение в качестве катализатора промышленных реакций органического синтеза, в частности процесса гидратации этилена в этанол. Известны примеры использования фосфата бора в качестве термостабилизатора (антипирена) в производстве полиэтилентерефталата и в составе других термопластичных полимеров и изделий из них: пленок, волокон, нитей и др.

Так как фосфат бора синтезируется на основе двух кислотных ангидридов, для его определенных форм характерны высокая устойчивость к кислотам и электрическим полям, что обуславливает его использование при изготовлении электро- и радиоизделий и электроизоляции кабелей [1]. .

Среди известных способов синтеза гидротермальный позволяет при исключении стадии кальцинации получать при относительно невысоких температурах нерастворимый кристаллический тетрагональный фосфат бора.

Авторы [2] использовали для синтеза фосфата бора в гидротермальных условиях мольное отношение компонентов (P_2O_5 и H_3BO_3) в исходной смеси в пересчете на $\text{P}_2\text{O}_5/\text{B}_2\text{O}_3$ равное 0,33. Приготовление смеси проводилось в среде концентрированной азотной кислоты с последующим выпариванием. Температура синтеза составляла $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов.

В настоящем сообщении приводятся результаты проведенных нами синтезов фосфата бора в гидротермальных условиях, включая данные [3,4], в при воздействии микроволнового излучения. При этом условия гидротермального синтеза в [3,4] значительно отличаются от изложенных в [2]: мольное отношение компонентов (H_3PO_4 и H_3BO_3)

в исходной смеси в пересчете на P_2O_5/B_2O_3 было равно 1,5 или 2; добавления концентрированной азотной кислоты с последующим выпариванием смеси не проводилось; температура автоклавирования доходила до 300 °С. Изучение взаимодействия смесей исходных реагентов показало, что степень взаимодействия по борсодержащему реагенту возрастает с увеличением мольного отношения P_2O_5/B_2O_3 , температуры автоклавирования и суммарного содержания оксидов бора и фосфора в исходной смеси.

Как было показано в [4], дифрактограмма пробы продукта, нерастворимого в горячей воде, снятая на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANSE Brucker AXS (излучение CuK_α), соответствует фосфату бора с тетрагональной кристаллической структурой (JSPDS карта 34-132). ИК-спектр поглощения в области $4000\text{ см}^{-1} - 400\text{ см}^{-1}$, снятый на ИК-Фурье спектрометре NEXUS E.S.P, соответствует данным для ИК-спектра ортофосфата бора. Термогравиметрический анализ образца, проведенный на приборе TGA/DSK1 METTLER TOLEDO, показал термическую стабильность в изученном температурном интервале 25-996°С. Потеря массы высушенного продукта при этом составила ~ 0.3%.

Исследованиями дисперсного состава на лазерном измерителе Fritsch Particle Sizer «analysette 22 MicroTec» установлено (рис.1а). наличие частиц размером от 0,5 до 15мкм с двумя превалирующими фракциями.

С помощью электронной микроскопии на приборе JSM-5610 LV с системой элементного анализа EDX JED-2201 JEOL подтверждены размеры частиц получаемого продукта (рис.2а), а также установлен химический состав фосфата бора, мас. %: содержание основного вещества 96,7; примесей 3,3 (в т.ч. $RO - 1,2$; $R_2O_3 - 0,6$; $SiO_2 - 1,5$). Данный продукт соответствует по основным показателям квалификации «технический» (или «practical» – по зарубежной классификации).

Проведение гидротермального синтеза в тефлоновом вкладыше исключает появление дополнительных примесей в ходе технологического процесса, позволяя прогнозировать их количество в фосфате бора, учитывая при подборе квалификации исходных веществ требования заказчика к виду и содержанию примесей, допустимых в готовом продукте.

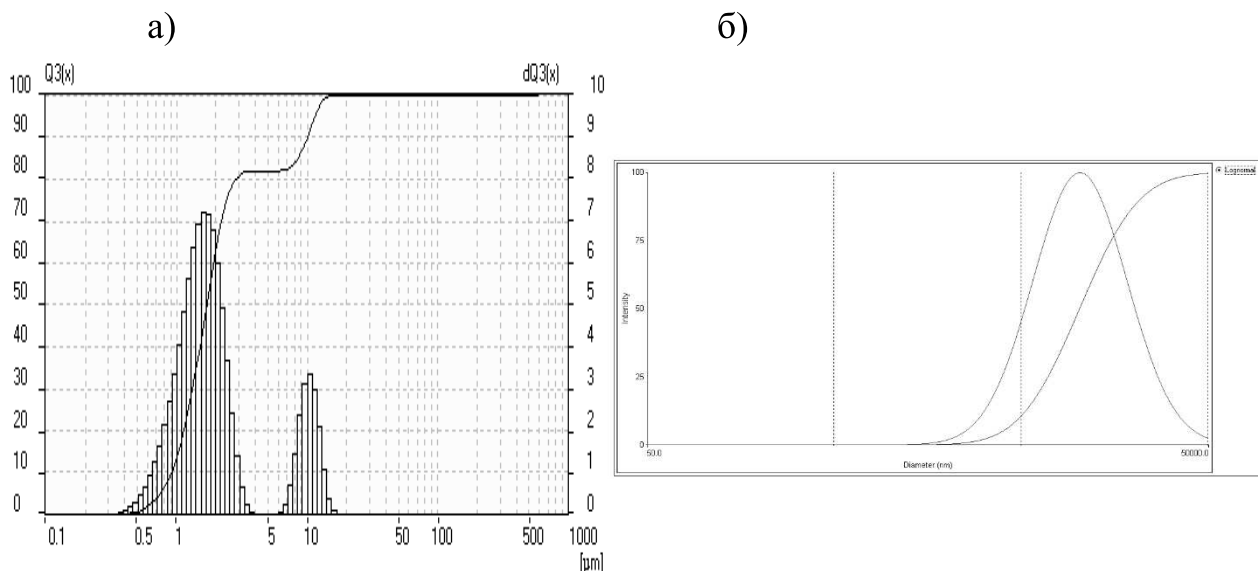


Рис 1 – Результаты анализа дисперсного состава кристаллического тетрагонального фосфата бора полученного: а) синтезом в гидротермальных условиях; б) микроволновым синтезом

В рамках дипломной работы проведена проработка аппаратурно-технологической схемы получения фосфата бора в гидротермальных условиях, с подбором основного оборудования – автоклава с тефлоновым вкладышем с рабочим объемом на 5 л, давлением до 15 атм и температурой до 300 °С, рассчитанного при двухсменной работе на выпуск ~ 500 кг продукта в год.

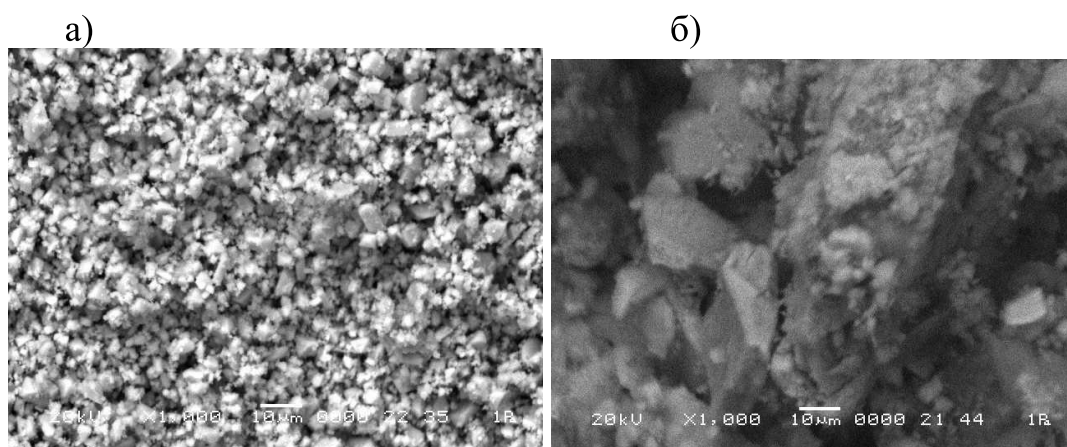


Рис.2 – Электронно-микроскопические снимки кристаллического фосфата бора, полученного а) синтезом в гидротермальных условиях, б) микроволновым синтезом

Метод микроволнового синтеза демонстрирует в ряде случаев значительное сокращение времени реакции, т.е., в конечном счете, высокую энергоэффективность. В ряде случаев сообщается об

успешном применении микроволнового излучения для синтеза фосфата бора [5].

Нами были проведены эксперименты по микроволновой обработке смеси фосфорной и борной кислот с мольным отношением P_2O_5/B_2O_3 , равным 1,1 в течение 3 мин при мощности 800 Вт микроволнового излучения на частоте 2450 МГц, и при мощности 400 Вт в течение 5 мин. В первом случае опыт был прерван в результате световой вспышки в печи. По результатам рентгенофазового анализа пробы спекшегося продукта второго опыта на рентгеновском дифрактометре общего назначения ДРОН-3 (излучение CuK_α) определены хорошо выраженные пики, соответствующие кристаллическому фосфату бора тетрагональной структуры. Часть пробы полученного продукта распускалась кипячением в дистиллированной воде. При этом образовалась взвесь опалесцирующих частиц. Определение их дисперсности на приборе Brookhaven Instruments 90 Plus BI MAS показало, что взвесь имеет широкий полидисперсный состав со средним диаметром частиц ~ 10000 нм (рис.1б).

Время микроволнового синтеза кристаллического фосфата бора значительно меньше, чем в гидротермальных условиях. Таким образом, микроволновой синтез фосфата бора представляется перспективным способом его получения, обеспечивающим наряду с гидротермальным синтезом получение продуктов, соответствующих условиям их применения.

Список использованных источников

1. Ali A. F. Optimal synthesis of organo-phosphate precursors for sol-gel preparations / A. F. Ali, P. Mustarelli, A. Magistris // Materials Research Bulletin. – 1998. - Vol. 33, № 5. – P. 697-710.
2. Baykal A. Hydrothermal and Microwave Synthesis of Boron Phosphate BPO_4 / A. Baykal, M. Kizilyalli, M. Toprak, R. Kniep, // Turkish Journal of Chemistry. – 2001. Vol. 25, № 4. – P. 425-432.
3. Способ получения фосфата бора : а. с. SU 882924 A1, № 2911263/23-26 (СССР), кл. С 01 В 25/26 / В. В. Печковский, Г. Ф. Пинаев, Е. В. Габалов, Л. В. Горностаева ; заявитель Белорусский государственный технологический университет. - Оpubл. 03.11.1981. - 6 с.
4. Габалов, Е. В. Получение фосфата бора / Е. В. Габалов // Химическая технология и техника : материалы 85-ой науч.-техн. конф. профес.-препод. состава, научн. сотр. и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–13 февраля 2021 г. - Минск : БГТУ, 2021. - С. 30-32.

5. Patent CN 102757063 A, МПК C01B 35/14, B82Y 40/00. Nano-grade boron phosphate rapid preparation method with microwave radiation low-temperature solid-phase reaction method : № 20121031 / Wang Rui, Jiang Heng, Gong Hong, Zhang Jun ; заявитель Liaoning Shihua University.

УДК 623.093

В. В. Апишев, А. Ю. Изобелло

Физико-технический институт НАН Беларуси,
Минск, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛОИДНЫХ СУСПЕНЗИЙ И ЗОЛЕЙ В СРЕДСТВАХ БРОНЕЗАЩИТЫ

***Аннотация.** Изучены и проанализированы базы данных, в которых говорится о использовании жидкостей, загущающихся при сдвиге (лат. *Shear-Thickening Fluid (STF)*). Подобраны необходимые составы, используемые в приготовлении жидкостей, загущающихся при сдвиге и изучены способы приготовления таких систем.*

V.V. Apishev, A.Yu. Izobello

Institute of Physics and Technology of the National Academy of Sciences of
Belarus,
Minsk, Belarus

THE USE OF COLLOIDAL SUSPENSIONS AND SOLS IN BODY ARMOR

***Abstract.** Databases on the use of shear-Thickening fluids (STF) have been studied and analyzed. The necessary formulations used in the preparation of liquids that thicken during shear have been selected and methods for preparing such systems have been studied.*

Цель. Изучить влияние дилатантных суспензий на баллистические свойства композиционных материалов.

Задачи. Изучение истории создания гибкой бронеодежды, базы данных по использованию STF в исследованиях защитных свойств.

Уменьшение веса и толщины композита, применяемого в переносимой солдатом защитной структуре, достигается путём совершенствования таких композитных структур пропитывая их жидкостями, загущающимися при сдвиге, тем самым увеличив