

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



МАТЕРИАЛЫ
3(74-Й) РЕГИОНАЛЬНОЙ ИТОГОВОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ
БГПУ

БЛАГОВЕЩЕНСК, 24 АПРЕЛЯ 2025 ГОДА

Часть 1

Благовещенск
Издательство БГПУ
2025

УДК 378
ББК 74.48я431
М34

Материалы 3(74-й) региональной итоговой научно-практической конференции преподавателей и студентов БГПУ (Благовещенск, 24 апреля 2025 года). В 2 ч. Ч. 1. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2025. – 546 с.

В сборник включены доклады преподавателей и научных сотрудников, а также аспирантов, магистрантов, студентов, принявших участие в 3(74-й) региональной итоговой научно-практической конференции преподавателей и студентов БГПУ. Конференция является главным ежегодным научным мероприятием университета, основными задачами которого является аprobация и представление итогов научных исследований, проводившихся обучающимися в течение учебного года, их обсуждение, обобщение и публикация.

*Редакция не несет ответственности за точку зрения
авторов, а также за стилистическое оформление текста*

© Издательство БГПУ, 2025

УДК 546.05

ПОЛУЧЕНИЕ ТОБЕРМОРИТА ИЗ ОТХОДОВ БОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Э.Н. Андрющенко, студент 4 курса кафедры экологии, биологии и географии Владивостокского государственного университета

Д.В. Достовалов, к.т.н., н.с. Института химии ДВО РАН

А.В. Замараева, инженер Дальневосточного геологического института ДВО РАН

Д.Х. Шлык, к.х.н., н.с. Института химии ДВО РАН

П.С. Гордиенко, д.т.н., профессор, зав. лаб. Института химии ДВО РАН

Научный руководитель: С.Б. Ярусова, к.х.н., доцент, с.н.с. Института химии ДВО РАН, зав. базовой кафедрой экологии и экологических проблем химической технологии Владивостокского государственного университета

Аннотация. Показана возможность получения синтетического тоберморита путем автоклавной щелочной обработки отходов борного производства в интервале температур 120–200°C в течение 1–24 ч. Формирование тоберморита зафиксировано при 120°C, с повышением температуры формируются фазы ксонотлита и скоутита.

Ключевые слова: тоберморит, отходы борного производства, автоклавный синтез

Тоберморит – это встречающийся в природе гидратированный минерал силиката кальция $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$, применяющийся в технологии строительных материалов, в качестве адсорбента, что обусловлено такими характеристиками, как низкая теплопроводность, высокая прочность и адсорбционная способность [Yuan, 2023].

В качестве исходных соединений для его получения (преимущественно гидротермальным методом в интервале температур 90–260°C и временных интервалах от 0.5 ч до 14 суток) используют широкий спектр природного и техногенного сырья.

Авторами [Ярусова, 2024] проведен автоклавный синтез материала на основе тоберморита из диатомита Пионерского месторождения (Приморский край) и морских раковин спибулы сахалинской (*Spisula sachalinensis*) в водной щелочной среде (гидроксид натрия) при температуре 200°C в течение 6 ч. Продукт гидротермальной обработки реакционной смеси, содержащий кристаллические фазы кальцита CaCO_3 , кварца SiO_2 , анальцима $\text{Na}_{15.76}\text{Al}_{15.26}\text{Si}_{32.74}\text{O}_{96}\cdot16\text{H}_2\text{O}$ и тоберморита, орторомбической модификации $\text{Ca}_{2.25}\text{Si}_3\text{O}_{7.5}(\text{OH})_{1.5}\cdot\text{H}_2\text{O}$, исследован в качестве сорбента модельного органического красителя – метиленового синего.

В работе [Guo, 2025] тоберморит был получен из золы-уноса (электростанция во Внутренней Монголии), предварительно обработанной 5–30 % HCl при 100–180 °C в течение 6 ч. Обработанная зола-унос и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ были добавлены в растворитель (молярное соотношение Ca:Si 0.7:1–2.3:1); концентрация этанола составляла 0–60 об%. Смесь помещали в реактор и подвергали обработке в течение 0.5–10 ч при температуре 200°C. Высококристаллический тоберморит был синтезирован при температуре 200°C при молярном соотношении Ca:Si=1, времени гидротермальной реакции 4 ч и концентрации этанола 20 об%. Показана перспектива использования тоберморита в качестве эффективного адсорбента CO_2 , демонстрируя хорошую возможность повторного использования и экономическую целесообразность.

Авторами [Chen, 2025] высокочистый Al-замещенный тоберморит был синтезирован из зол сжигания твердых бытовых отходов с добавлением небольшого количества экзогенного промышленного

SiO_2 путем гидротермальной обработки с варьируемыми параметрами реакции (время 12–48 ч и температура 100–190°C). Выход Al-замещенного тоберморита достигал 68–81.1 вес. %. Было подсчитано, что 1 т зол сжигания твердых бытовых отходов генерирует 0.69 т Al-замещенного тоберморита.

В работе [Yuan, 2023] описан одностадийный микроволновой гидротермальный метод синтеза тоберморита с использованием летучей золы от сжигания твердых бытовых отходов в интервале температур 220–260°C и в течение 2–3 ч. Оптимальные условия, когда к смеси отходов и кварцевого песка ($\text{Ca/Si}=1.1$) добавляли 20 вес.% NaOH и проводили реакцию при 260°C в течение 3 ч, гарантировали синтез тоберморита, а диоксины и тяжелые металлы в гидротермальном продукте соответствовали требованиям соответствующего стандарта, что позволяет рекомендовать его в качестве строительного материала и адсорбента.

Зола газификации угля – твердые отходы, образующиеся при газификации угля, также имеет потенциал использования при синтезе тоберморита путем гидротермальной обработки, что было показано в [Luo, 2022]. Результаты исследования показали, что тоберморит может быть получен из смеси золы и оксида кальция CaO при 160°C без дополнительного щелочного материала. Однако остаточный углерод может замедлить превращение гидрата силиката кальция в тоберморит и, таким образом, повысить необходимую температуру образования, увеличив время образования.

Российскими учеными предложен способ получения тоберморита с использованием стеклобоя лампового стекла (марка СЛ-96), известы (ГОСТ 9179–77) и гидроксида натрия [Лебедева Е.Ю., 2014]. Определены технологические параметры получения тоберморита в процессе автоклавной обработки: давление 10 атм., температура 190°C, продолжительность 5 ч. Полученный продукт показал свою эффективность как тоберморитовый адсорбент, пригодный для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Цель данной работы – изучение возможности получения тоберморита из гипсодержащих отходов производства борной кислоты (борогипса).

Борогипс смешивали с 1.7 н раствором гидроксида калия квалификации «ч.д.а» в стехиометрическом соотношении, помещали в лабораторный автоклав, синтез проводили в интервале температур 120–200°C в течение 1–24 ч. Осадок промывали дистиллированной водой, отделяли от раствора фильтрованием через бумажный фильтр «синяя лента» и сушили при температуре 85 °C в течение нескольких часов [Гордиенко, 2016].

Фазовый состав осадков изучали с помощью рентгеновского дифрактометра Rigaku MiniFlex II (Rigaku, Япония) с использованием $\text{Cu}-\text{K}_\alpha$ -излучения, генерируемого при 30 кВ и 15 мА, с использованием монохроматора на дифракционном пучке и непрерывной скоростью сканирования $1^\circ 2\Theta$ /мин (1 с/0,02 2Θ). Плотность образцов определяли с помощью пикнометра.

Фазовый состав продуктов автоклавного синтеза в интервале температур 120–200°C при 24 ч синтезе представлен в табл.1.

Как видно из представленной таблицы, при изменении температуры автоклавной обработки происходят изменения в фазовом составе продуктов реакции компонентов борогипса в щелочной среде. Формирование тоберморита $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$ происходит при 120°C. В продуктах синтеза, полученных в интервале температур 120–180°C, присутствует фаза кальцита, образование которого связано с реакциями, протекающими при синтезе (образование гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, его взаимодействие с CO_2 ; разложение гидросиликатов кальция вследствие взаимодействия с парами воды и поглощения CO_2 из воздуха). Присутствие фазы непрореагировавшего $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, возможно, связано с уменьшением растворимости двуводного гипса при повышении температуры и с окклюзионными процессами.

Таблица 1 – Зависимость фазового состава продуктов гидротермальной обработки борогипса при различной температуре

Температура гидротермальной обработки, °C	Фазовый состав продукта синтеза	Плотность, г/см ³
120	кальцит CaCO_3 , кварц SiO_2 , тоберморит 9Å $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2$ триклинной модификации (PDF-2, 01-089-6458)	2.22
160	карбонат кальция CaCO_3 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, тоберморит 9Å $\text{Ca}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ моноклинной модификации (PDF-2, 01-089-6459)	2.6
180	кальцит CaCO_3 , тоберморит 9Å $\text{Ca}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ моноклинной модификации (PDF-2, 01-089-6459)	2.58

200	ксонотлит $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$ моноклинной модификации (PDF-2, 00-023-0125), тоберморит 9 \AA $\text{Ca}_4\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ моноклинной модификации (PDF-2, 01-089-6459), скоутит $\text{Ca}_7\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ моноклинной модификации (PDF-2, 01-070-1279)	2.59
-----	---	------

При 200°C наблюдается образование ксонотлита $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$ и скоутита $\text{Ca}_7\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Известно, что ксонотлит $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$ образуется при более высоких температурах, чем тоберморит, причем равновесная фазовая граница между этими двумя минералами проходит при температуре около 140°C, хотя тоберморит может метастабильно образовываться при температурах значительно выше 200°C [Shaw, 2000].

Для скоутита $\text{Ca}_7\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ образование связано с присутствием CO_2 и H_2O в избытке. Скоутит может быть синтезирован при температурах от 175 до 300°C, но обычно дает смесь скоутита с тоберморитом, кальцитом и/или ксонотлитом [Zhang, 2013].

Таким образом, показана возможность получения синтетического тоберморита из отходов борного производства. Формирование тоберморита зафиксировано при 120°C, с повышением температуры формируются фазы ксонотлита и скоутита. Необходимы дальнейшие исследования по оптимизации условий гидротермальной обработки отходов с получением тоберморита.

Работа выполнена в рамках гос. задания Института химии ДВО РАН FWFN(0205)-2025-0002. Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП Дальневосточный центр структурных исследований ИХ ДВО РАН и на оборудовании ЦКП Приморский центр локального, элементного и изотопного анализа ДВГИ ДВО РАН.

Список литературы

1. Гордиенко П.С., Ярусова С.Б., Степанова В.А., Козин А.В. Синтез игольчатого волластонита из отходов борного производства // Материалы научно-практической конференции с международным участием «Социально-экономическое развитие моногородов: традиции и инновации», г.Дальнегорск, 26–27 мая 2016 г. – Владивосток: ДВФУ, 2016. С. 59–67.
2. Лебедева Е.Ю., Кобякова А.А., Усова Н.Т., Казьмина О.В. Синтез тоберморитового адсорбента для очистки воды // Известия ТПУ. 2014. №3. С.137–142.
3. Ярусова С.Б., Авраменко А.С., Панасенко А.Е., Достовалов Д.В., Гриценко П.В., Черепанова М.В., Гордиенко П.С., Сушков Ю.В., Шлык Д.Х. Синтез и сорбционные свойства материала на основе тоберморита из природного сырья // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции. Книга 1. (г. Киров, 23–24 апреля 2024 г.). – Киров: Вятский государственный университет, 2024. С. 268–272.
4. Chen X., Wu D., Yang B., Gao X., Fei X., He H. Hydrothermally-targeted synthesis of Al-substituted tobermorite using MSWI fly ash with industrial SiO_2 for potentially high-quality utilization // Waste Management. 2025. Vol. 196. P.22–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.02.026>.
5. Guo C., Song Y., Ye M., Sun Y., Liang S., Zou J. Synthesis of tobermorite using coal fly ash and its utilization in highly efficient CO_2 adsorption // Separation and Purification Technology. 2025. Vol.358, Part B. 130382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.130382>.
6. Luo F., Wei C., Jiang Y. Effects of residual carbon on the synthesis of 1.1 nm tobermorite from coal gasification ash // Advances in Cement Research. 2022. Vol. 34:8. P. 331-340 DOI: <https://doi.org/10.1680/jader.21.00092>.
7. Shaw S., Clark S.M., Henderson C.M.B. Hydrothermal formation of the calcium silicate hydrates, tobermorite ($\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) and xonotlite ($\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$): an in situ synchrotron study // Chemical Geology. 2000. Vol. 167, Iss. 1–2. P. 129–140. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(99\)00205-3](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(99)00205-3).
8. Yuan R., Fan X., Gan M., Zhao Q., Lu S., Li S. Facile treatment of municipal solid waste incineration fly ash by one-step microwave hydrothermal method: Hazards detoxification and tobermorite synthesis // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2023. Vol. 11, Iss. 3. 109768. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109768>.
9. Zhang Y.-Q., Radha A.V., Navrotsky A. Thermochemistry of two calcium silicate carbonate minerals: scawtite, $\text{Ca}_7(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and spurrite, $\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{CO}_3)$ // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2013. Vol. 115. P. 92–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.03.031>.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ «ИСТОРИЯ И ФИЛОЛОГИЯ».....	3
Секция 1.3. «Новая и новейшая история России».....	3
Секция 1.4 «Всеобщая история и методика ее преподавания».....	8
Секция 1.5 «Теория и методика обучения истории и обществознанию».....	22
Секция 1.7 «Слово в тексте».....	43
Секция 1.8 «Современный русский литературный язык: лингвистический аспект».....	48
Секция 1.10 «Русская и зарубежная литература: историко-литературный, методический и культурологический аспекты».....	951
НАПРАВЛЕНИЕ «ФИЗИКА И МАТЕМАТИКА».....	58
Секция 2.1 «Математика».....	158
Секция 2.2 «Методика обучения математике».....	63
Секция 2.6 «Информатика и методика преподавания информатики».....	89
НАПРАВЛЕНИЕ «ТЕХНОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА И ИЗО».....	91
Секция 3.2 «Теория и методика обучения экономическим наукам».....	91
Секция 3.3 «Экономика и управление в системе среднего профессионального образования».....	106
Секция 3.4 «Экономика».....	134
Секция 3.5 «Подход «Обучение служением» в образовательном процессе университета».....	138
Секция 3.6 «Декоративно-прикладное искусство и методика его преподавания».....	152
Секция 3.7 «Изобразительное искусство и методика его преподавания»....	168
НАПРАВЛЕНИЕ «ЕСТЕСТВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ»...	229
Секция 4.1 «Биология и экология».....	229
Секция 4.2 «Химия».....	257
Секция 4.6 «Физическая география».....	275
Секция 4.4 «Экономическая география».....	298
Секция 4.5 «Методика преподавания географии и истории».....	311
Секция 4.6 «Методика преподавания химии и биологии. Экопросвещение».....	344
НАПРАВЛЕНИЕ «ЗАРУБЕЖНАЯ ФИЛОЛОГИЯ И ИНОСТРАННЫЕ ЯЗЫКИ».....	351
Секция 5.1 «Методика преподавания английского языка на этапах начального общего и основного общего образования».....	351
Секция 5.2 «Методика преподавания английского языка на этапе среднего общего образования (10-11 классы)».....	384
Секция 5.3 «Английская филология и английский язык в мировом образовательном пространстве».....	399
5.4 «Немецкий язык: методический и лингвокультурологический аспекты».....	432
5.5 «Французский язык и методика его преподавания».....	453
Секция 5.6 «Китайский язык и методика его преподавания».....	484
Секция 5.7 «Русская литература и культура (иностранные студенты)».....	496
Секция 5.8 «Русский язык и межкультурная коммуникация (иностранные студенты)».....	512
Секция 5.9 «Методика преподавания русского языка как иностранного (иностранные студенты)».....	518

Материалы 3(74-й) региональной
итоговой научно-практической
конференции преподавателей и студентов БГПУ (Благове-
щенск, 25 апреля 2024 года)
Часть 1

Учредитель:
ФГБОУ ВО «БГПУ»
Лицензия ЛР № 040326 от 19.XII.1997 г.

Адрес издателя:
675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Ленина, 104

Адрес редакции:
675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Ленина, 104, к. 324 «б»

Адрес типографии:
ООО «Типография»
675000, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 55

Подписано к печати 02.06.2025
Формат бумаги 60x84 1/8 Бумага писчая. Уч.-изд. л. 58,9
Тираж 100 экз. Заказ №