



**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ПЕРЕРАБОТКА. ПРИМЕНЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ.  
(«Композит-2025»)**

**22-24 октября 2025 г.  
X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**



**Энгельс 2025**



*Посвящается 95-летию  
СТТУ имени Гагарина Ю.А.*



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Энгельский технологический институт (филиал) Саратовского  
государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.  
ПЕРЕРАБОТКА. ПРИМЕНЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ.**

**Материалы X Международной конференции**

**«Композит-2025»**

**22 – 24 октября 2025 г.**

**Энгельс 2025**

**УДК 678:677:621:544:5:3:001:004**

**ББК 2:3:6/8**

**Редакционная коллегия:**

доктор технических наук, профессор Т.П. Устинова (отв. редактор)

доктор технических наук, доцент Е.В. Бычкова (зам. отв. редактора)

кандидат технических наук, доцент Н.В. Борисова (секретарь)

кандидат технических наук, доцент Н.Л. Левкина

доктор технических наук, профессор Н.Д. Соловьева

**П27** Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология. Материалы Международной конференции «Композит-2025». Энгельс, 22-24 октября 2025 года. – Энгельс: Из-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2025. – 323 с.

ISBN 978–5–6049266–0–4

Сборник содержит публикации по фундаментальным и прикладным исследованиям в области полимеров и полимерматричных композитов различного функционального назначения, по вопросам разработки инновационных технологий и технических решений, обеспечивающих создание композиционных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами на основе неорганических и органических полимеров. В сборнике представлены статьи по использованию химических и электрохимических методов совершенствования функциональных свойств материалов и гальванических покрытий, изучению кинетики и механизмов процессов их получения, а также результаты исследований в области решения экологических проблем, технической безопасности и рециклингу отходов полимерных материалов. Завершается сборник блоком сообщений по актуальным вопросам высшего образования, а также социально-экономическим вопросам развития региона.

Сборник предназначен для студентов и аспирантов высших учебных заведений, научных и инженерно-технических работников различных отраслей науки, техники и промышленности, специализирующихся в области создания полимерных композитов, их переработки и применения.

**УДК 678:677:621:544:5:3:001:004**

**ББК 2:3:6/8**

*Статьи публикуются в авторской редакции*

ISBN 978–5–6049266–0–4

© ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2025

## Содержание

<b>Секция 1. Фундаментальные и прикладные исследования в области создания полимеров и композитов функционального назначения</b>	8
<b><u>Аль Кхдер Х.А., Бесшапошникова В.И.</u> Разработка структуры и исследование свойств пакетов материалов мягкой бронезащиты</b>	8
<b><u>Богданова В.В., Кобец О.И., Перевозникова А.Б.</u> Огнестойкость вспениваемых композитов в зависимости от физико-химических свойств термопластичного связующего и газо-коксообразующей системы</b>	11
<b><u>Вассоф С.А., Бесшапошникова В.И., Калганова С.Г.</u> Разработка структуры и исследование свойств хлопко-арамидных тканей для спецодежды</b>	14
<b><u>Виладчева Ю.Ю., Кудринская О.В., Асташкина О.В., Христофоров Д.Е.</u> Разработка углеродных волокнистых сорбентов, модифицированных наночастицами, и исследование их пористой структуры</b>	17
<b><u>Дианкина Н.В., Ширшова Е.П.</u> Антифрикционные композиты на основе рециклированного углепластика: от отходов к функциональным материалам</b>	20
<b><u>Дмитриев О.С., Маренков Н.Ю.</u> Математическое моделирование процесса отверждения изделий из полимерных композитов с сотовым наполнителем в автоклаве</b>	23
<b><u>Колесников А.П., Бычкова Е.В.</u> Оценка сорбционно-десорбционных свойств полимерных сорбентов для определения легколетучих соединений в воздухе</b>	25
<b><u>Лысенко В.А., Крисковец М.В.</u> Разработка и исследование углеродных волокон с низким удельным объемным электрическим сопротивлением на основе полиоксадиазола</b>	30
<b><u>Любибогов А.А., Хамзина Д.А., Борисов С.В., Ваниев М.А.</u> Растворы фосфатов меди и аммония как антипиреирующие агенты для эпоксидных олигомеров</b>	33
<b><u>Масталыгина Е.Е., Пантюхов П.В., Попов А.А.</u> Ускорение биodeградации при создании полимерных смесей и композитов</b>	36
<b><u>Мостовой А.С., Щербаков А.С., Свиткина В.В., Бекешев А.З.</u> Исследование структуры и свойств пожаробезопасных вспененных эпоксидных композитов, модифицированных кирпичной пылью</b>	39
<b><u>Мостовой А.С., Щербаков А.С., Свиткина В.В., Бекешев А.З.</u> Эпоксидные композиты на основе функционализированных аминокислотной кислотой алюмосиликатных микросфер: комплексное повышение прочности, термостойкости и экологической эффективности</b>	43
<b><u>Нургазина А.С., Плакунова Е.В.</u> Исследование свойств эпоксидных композитов наполненных никельсодержащим шламом</b>	47
<b><u>Полетаева А. Н., Капитанчук С. Е., Соловьева Д. Р.</u> Получение и исследование свойств композиционных материалов для упаковки колбасных изделий</b>	51
<b><u>Прокофьев И. Г., Коваленко Г. М.</u> Поверхностные свойства полиэтиленовых огнестойких пленок, модифицированных различными антипиренами в виде мастербатчей и фторэластомером</b>	55
<b><u>Сапронова Т.В., Бесшапошникова В.И.</u> Огнезащитная модификация шерстяных тканей для спецодежды металлургов</b>	58
<b><u>Симбирцев Я.М., Борисова Н. В., Бычкова Е.В.</u> Сравнительный анализ галогенсодержащих полимерных покрытий для обеспечения антикоррозионной безопасности газопроводов</b>	61
<b><u>Трифорова И.П., Подшивалова И.М., Бурмистров В.А.</u> Получение и свойства биоразлагаемых композитных пленок поликапролактон-модифицированный крахмал</b>	67

<b>Усачева М.Н., Вилкова С.А., Борисова Н.В.</b> Мембранные ткани: свойства, качество, соответствие	70
<b>Черемухина И.В. Багров А.В., Лазарева Е.Н., Черемухин В.А, Коваленко Е.А.</b> Полимерные композиционные материалы на основе многокомпонентного связующего	77
<b>Шуклин С.Г., Серебрянникова М.Э., Дрямина М.П.</b> Разработка трудногорючего стеклопластика	81
<b>Шуклин С.Г., Хамидуллина А.Р., Дрямина М.П.</b> Разработка стеклопластика на основе вспучивающихся композиций	83
<b>Секция 2. Приоритетные технологии, структура и свойства композиционных материалов на основе органических и неорганических полимеров</b>	85
<b>Алейникова Т.П., Селезнев А.А., Сафронов С.А., Навроцкий В.А.</b> Композиционные материалы на основе полиэтиленов	85
<b>Борисова Н.В., Волкова С.Е., Устинова Т.П.</b> Исследование твёрдофазных растворов на основе $\epsilon$ -капролактама и полиакрилонитрильных волокнистых материалов	87
<b>Вафина А.Р., Зенитова Л.А.</b> Остеопластические материалы на основе кремнийорганических соединений на примере силоксанового каучука марки СКТН-Г и Аэросила-100	94
<b>Воронина Н.А., Gladунова О.И.</b> Влияние ультрафиолетового излучения на деградацию поверхности сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых волокон	98
<b>Готлиб Е.М., Дутова В.С., Гимранова А.Р., Валеева А.Р.</b> Цеолит содержащие наполнители эпоксидных полимеров	101
<b>Жуков В.А., Магрицкий А.С., Разина Г.М.</b> Модифицирование полимерного заполнителя с полыми стеклянными микросферами для улучшения удельных прочностных характеристик трёхслойных композитных конструкций	104
<b>Зубова Н.Г., Устинова Т.П.</b> Изучение стойкости эпоксипластов на основе технических нитей, модифицированных органосиланами, к действию химически активных реагентов	108
<b>Кузнецов В.С., Сулхаев С.Т., Макарова А.Д., Гороховский А.В., Гоффман В.Г.</b> Синтез гидрида титана для электродов накопителей энергии	111
<b>Левкина Н.Л., Леонов Д.В., Устинова Т.П.</b> Исследование эффективности применения окисленного графита для модификации полиамида-6 на стадии его синтеза	114
<b>Лысенко В.А., Крисковец М.В., Яковлев С.А.</b> Системное проектирование углеродных волокон на основе поливинилового спирта	120
<b>Магрицкий А.С., Шогенов В.А., Авцынова И.В., Глазков А.А.</b> Влияние использования флотации стеклянных полых микросфер при изготовлении сферопластиков аэрокосмического назначения на их физико-механические и реологические характеристики	123
<b>Мазилев Р.А., Панов Ю.Т., Магрицкий А.С., Сеницын А.Ю.</b> Исследования в области высокопрочных композиционных материалов с использованием связующих на основе полимочевины и полиуретана	127
<b>Сафонов А.В., Дутова В.С., Готлиб Е.М., Рахматуллина А.П.</b> Влияние свойств эпоксидных смол на адгезионные и технологические характеристики отвержденных полимеров на их основе	131
<b>Тураев Т.А., Тронеv Н.С., Кардаш М.М., Терин Д.В.</b> Особенности структуры и свойств ионообменных мембран «Поликон» при предварительной плазменной обработке волокон и форсированной поликонденсации в присутствии ультрадисперсного наполнителя	134

<b><u>Хамзина Д.А., Борисов С.В.</u></b> Влияние термопластичного полиуретана на структурообразование и механические свойства эпоксидных композитов	137
<b><u>Хапёрских С.А., Головина Е.А.</u></b> Влияние эластомера на шероховатость слоев древесно-волокнутого композита	141
<b><u>Христофорова И.А., Смирнов Е.А.</u></b> Особенности получения композитов на основе поливинилхлорида марки С70 и отходов вспененного полистирола	145
<b><u>Черепанова В.А., Широкова Е.С., Гринченко А.И.</u></b> Получение смесового термоэластопласта на основе бутадиен-нитрильного каучука и поливинилиденфторида	148
<b><u>Щегольков А.В., Малинкина В.О., Комаров А.В.</u></b> Разработка интеллектуального полимерного композита на основе гибридного наполнителя с управляемым сопротивлением	151
<b><u>Щегольков А.В., Ельцова В.А., Щегольков А.В., Ельцов Я.В.</u></b> Тензометрические преобразователи с повышенной чувствительностью на основе наномодифицированных композитов	155
<b><i>Секция 3. Современные технологии и разработка новых электрохимических покрытий</i></b>	158
<b>Алфёров А.А., Брудник С.В., <u>Кочнева А.К.</u>, Яковлева Е.В., Яковлев А.В.</b> Модификация электрохимически синтезированного оксида графена азотсодержащими соединениями	158
<b><u>Глухова С.А., Гоц А. А., Гоц И.Ю.</u></b> Электролизное борирование как метод повышения износостойкости хирургических инструментов	161
<b><u>Доронин И.А., Мурычев Г.А., Гоц И.Ю.</u></b> Оценка энергетических свойств поверхности алюминиевого сплава АМг2М при анодном оксидировании с последующим окрашиванием и уплотнением	164
<b>Киреев С.Ю., <u>Поляков В.Н.</u>, Комиссаров А.В., Мельзитдинов Р.Р.</b> Влияние блескообразующих и выравнивающих добавок на распределение медных осадков в полимерных композитных материалах для печатных плат	168
<b>Киреев С.Ю., <u>Янгуразова А.З.</u></b> Кинетика электроосаждения сплава олово-цинк из щелочного электролита	171
<b>Киреев С.Ю., Штепа В.Н., Шинкевич К.С, Крылов В.А., Камардина Н.В., <u>Маркина М.А.</u>, Балыбердин А.</b> Обзор технологий синтеза феррата бария	174
<b>Киреев С.Ю., <u>Янгуразова А.З.</u>, Киреева С.Н., Балыбердин А.С.</b> Электроосаждение покрытий сплавом олово-цинк в различных режимах электролиза	178
<b>Киреев С.Ю., Киреева С.Н., <u>Синенкова С.Р.</u>, Балыбердин А.С.</b> Электроосаждение композиционных покрытий кобальт-карбид вольфрама и никель-карбид вольфрама в различных режимах электролиза	181
<b><u>Кобылко Д.А., Соловьева Н.Д.</u></b> Влияние состава электролита-суспензии, способа перемешивания на свойства композиционного электрохимического покрытия на основе никеля	184
<b><u>Мурыгина Е.Р., Кондрашов С. Г., Соловьёва Н.Д.</u></b> Индуцированное соосаждение сплава никель-молибден из кислого сульфатно-хлоридного электролита	188
<b><u>Панкратов И.С., Соловьева Н.Д., Ялымова Т.Ю.</u></b> Влияние изменения концентрации хрома в рабочем составе электролита при совместном осаждении цинка и хрома на коррозионную стойкость покрытия	192
<b><u>Пузаков А.В., Телегин С.В., Гоц И.Ю.</u></b> Адгезионное поведение полимерно-порошкового покрытия в зависимости от толщины и вида подслоя	196

<b>Целуйкин В.Н., <u>Трибис А.И.</u>, Тихонов Д.А.</b> Электрохимическое осаждение и свойства композиционных никелевых покрытий с углеродными нанотрубками	199
<b>Секция 4. Техническая безопасность и экологические проблемы. Рециклинг отходов</b>	203
<b><u>Бондаренко К.А.</u>, Политаева Н.А., Вельможина К.А., Шинкевич П.С.</b> Современные подходы к очистке воды от микропластика с использованием полимерных материалов	203
<b><u>Васильева Л.Ю.</u>, Политаева Н.А.</b> Методы переработки пластиковых отходов. Современные подходы и приоритеты на будущее	206
<b><u>Голов Д. А.</u>, Ольшанская Л. Н.</b> Магнитосорбент на основе хитозана для очистки сточных вод от анионных ПАВ	209
<b><u>Горячкин П.Д.</u>, Щербина Н.А., Бычкова Е.В.</b> Свойства полимерного композиционного материала на основе термореактивной матрицы и переработанного фосфогипса	216
<b><u>Ким В.С.</u>, Староконь И.В.</b> Изучение локальных видов коррозии с целью обеспечения безопасной эксплуатации нефтепроводов	220
<b><u>Ким М.А.</u>, Уткина И.Ю.</b> Анализ свойств аустенитно-ферритных сталей, используемых для оборудования в химической промышленности	224
<b><u>Киреев С.Ю.</u>, Штепа В.Н., Шинкевич К.С., Крылов В.А.</b> Применение лабораторного генератора ферратов для удаления микропластика из водных сред	227
<b><u>Лазарева Е.Н.</u>, Ольшанская Л.Н., Жилина Е.В., Черемухина И.В., Липатова Е.К., Черемухин В.А., Лазарев Д.А.</b> Обеспечение и повышение безопасности персонала предприятий при возникновении возгораний	231
<b><u>Маркина М.А.</u>, Киреев С.Ю., Камардина Н.В., Балыбердин А.С.</b> Лабораторный генератор ферратов для малообъемных экспериментов	234
<b><u>Ольшанская Л.Н.</u>, Лазарева Е.Н.</b> Извлечение гидроксида никеля из гальваношламов для изготовления оксидно-никелевого электрода	238
<b><u>Петров И. Е.</u>, Христофорова И. А.</b> Проблема утилизации и вторичного использования пенопластов	242
<b>Петрова Д.А.</b> Переработка текстильного полиакрилонитрила	245
<b><u>Саклакова Е.В.</u>, Некрытов П.С., Асташкина О.В.</b> Необрастающие покрытия: от токсичной защиты к экологичным решениям	248
<b><u>Сипин О.Д.</u>, Панов Ю.Т., Потапочкина А.Ю., Носков А.В.</b> Рециклинг отходов производства изделий из полиизоцианурата	251
<b><u>Трущелев А.В.</u>, Бычкова Е.В., Щербина Н.А.</b> Пленочные композиты на основе биоразлагаемых полимеров и отходов производств	254
<b><u>Шеркузиев Д.Ш.</u>, Хамдамова З.Ш., Хамдамов Д.М.</b> Фитотоксическое воздействие сульфат-ионов в промышленных сточных водах и современные технологии их снижения	257
<b><u>Шерматов А.Х.</u>, Шеркузиев Д.Ш.</b> Получение фосфорных удобрений из промышленных вторичных кислот и их физико-химический анализ	260
<b><u>Щербакова Н.Н.</u>, Сержантов В.Г.</b> Глауконитовые и стеклянные наполнители для создания впитывающего материала с бактерицидными свойствами	262

<b>Секция 5. Современные проблемы и перспективы развития в образовании, управлении, экономике</b>	267
<b>Александров М.И., Иващенко М.А., <u>Серебряков А.В.</u></b> Некоторые аспекты преподавания раздела «линейное программирование» в техническом университете	267
<b><u>Дикун Н.А.</u>, Ермакова М.Л., Забудькова И.В.</b> Повышение эффективности трудоустройства выпускников ВУЗа	269
<b><u>Епифанова Е.В.</u>, Зражевская Е.О.</b> Выявление показателей, характеризующих качество образовательного процесса, его результаты и методы их измерения	273
<b>Епифанова Н. Н.</b> Коллективная деятельность и становление личности	277
<b><u>Ермакова М.Л.</u>, Дикун Н.А., Забудькова И.В.</b> Сохранение трудовых кадров в регионе	280
<b><u>Забудькова И.В.</u>, Ермакова М.Л., Дикун Н.А.</b> Развитие складской логистики как инфраструктурный фактор роста национальной экономики	283
<b><u>Зражевская Е.О.</u>, Семенова Т.В.</b> Миграционная политика РФ: изменения в законодательстве как требование времени	287
<b>Зражевская Е.О., <u>Семенова Т.В.</u></b> Социальные риски и вызовы миграционных процессов в России на современном этапе	294
<b><u>Никитич Т.О.</u>, Жилина Е.В.</b> Защита информации на цифровых образовательных платформах	301
<b><u>Оськин М.А.</u>, Серебряков А.В.</b> Изгиб круглой мембраны при ограничениях на прогибы. Метод локальных вариаций	305
<b><u>Петров В.И.</u>, Щербина Н.А., Вилянский А.М.</b> Роль химических знаний в профилировании выпускника	308
<b>Рыбников В.В.</b> Перспективные полимерные композиционные материалы в спортивном инвентаре: экологичность и эффективность	312
<b><u>Рябов К.А.</u>, Серебряков А.В., Нагар Ю.Н.</b> Итерационный метод решения матричной игры. Решение задачи линейного программирования путём сведения к эквивалентной матричной игре	315
<b><u>Стекольников М.В.</u>, Чельшева И.А., Милованова Л.Р.</b> Расширение базового набора деталей развивающего конструктора «полиэдр»	318

УДК 546.72:546.41:541.138

## **ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ СИНТЕЗА ФЕРРАТА БАРИЯ**

<sup>1</sup>Киреев С.Ю., <sup>2</sup>Штепа В.Н., <sup>2</sup>Шинкевич К.С., <sup>1</sup>Крылов В.А., <sup>1</sup>Камардина Н.В.,  
<sup>1</sup>Маркина М.А., <sup>1</sup>Балыбердин А.С.

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет», г. Пенза, Россия

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь

*Аннотация.* В статье проанализированы современные методы синтеза феррата бария, включая химический, термический и электрохимический подходы. Для каждого метода описаны преимущества и ограничения на основе литературных данных и практических наблюдений. Особое внимание уделено электрохимическому синтезу как перспективному способу получения стабильных солей Fe(VI). Приведены результаты экспериментов авторов по оптимизации электрохимического процесса, показавшие выход BaFeO<sub>4</sub> до 75–80% при использовании железных анодов в щелочной среде. Метод сочетает простоту, низкую стоимость и экологичность, с потенциалом для применения в энергетике и водоочистке.

*Ключевые слова:* феррат бария, синтез BaFeO<sub>4</sub>, электрохимический метод, химический синтез, термический синтез, преимущества и недостатки, Fe(VI), эффективность.

## REVIEW OF TECHNOLOGIES FOR THE SYNTHESIS OF BARIUM FERRATE

<sup>1</sup>Kireev S.Yu, <sup>2</sup>Shtepa V.N., <sup>2</sup>Shinkievich K.S., <sup>1</sup>Krylov V.A., <sup>1</sup>Kamardina N.V.,  
<sup>1</sup>Markina M.A., <sup>1</sup>Balyberdin A.S.

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State University», Penza, Russia

<sup>2</sup> Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

*Abstract.* The article analyzes modern methods of barium ferrate (BaFeO<sub>4</sub>) synthesis, including chemical, thermal, and electrochemical approaches. The advantages and limitations of each method are described based on literature data and practical observations. Special attention is given to electrochemical synthesis as a promising method for obtaining stable Fe(VI) salts. The article presents the results of the authors' experiments on optimizing the electrochemical process, which showed a BaFeO<sub>4</sub> yield of up to 75-80% using iron anodes in an alkaline environment. The method combines simplicity, low cost, and environmental friendliness, with potential for application in power generation and water treatment.

*Keywords:* barium ferrate, BaFeO<sub>4</sub> synthesis, electrochemical method, chemical synthesis, thermal synthesis, advantages and disadvantages, Fe(VI), efficiency

Феррат бария (BaFeO<sub>4</sub>) — это редкое соединение, где железо находится в степени окисления +6, что придает ему уникальные свойства как сильного окислителя. В отличие от более распространенных ферратов калия или натрия, BaFeO<sub>4</sub> отличается повышенной стабильностью в твердом состоянии, что делает его полезным для создания "супер-железных" батарей, микроволновых поглотителей и реагентов для окислительной очистки воды [1]. Интерес к этому материалу вырос в последние годы из-за поиска альтернатив традиционным окислителям, таким как перманганат калия, которые часто токсичны или нестабильны. Однако синтез BaFeO<sub>4</sub> остается сложной задачей: требуется контроль окисления железа до высокой валентности без побочных продуктов. В статье рассмотрены основные методы синтеза, опираясь на опыт лабораторий, и приведены данные из работ авторов по электрохимическому подходу, который кажется наиболее практичным для масштабирования.

Обзор технологий синтеза феррата бария

Синтез  $\text{BaFeO}_4$  может осуществляться химическим, термическим или электрохимическим путем. Каждый метод имеет свои особенности, связанные с условиями реакции, выходом продукта и применимостью. Ниже они разобраны, основываясь на реальных примерах из практики.

1. Химический синтез. Этот подход включает окисление соединений железа(III) сильными окислителями, такими как гипохлорит в щелочной среде, с последующим осаждением бариевой соли [2]. Например, реакция  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  с  $\text{NaOCl}$  в присутствии  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  приводит к образованию  $\text{BaFeO}_4$ . Преимущества: простота оборудования (не нужны специальные реакторы), возможность проведения при комнатной температуре, высокий выход (до 90% в оптимизированных условиях). В лабораторных тестах наблюдалось, как метод позволяет быстро получить чистый продукт без сложной очистки. Недостатки: использование токсичных реагентов (хлорсодержащих), риск образования побочных продуктов (хлоратов), низкая стабильность промежуточных веществ и необходимость в инертной атмосфере для предотвращения разложения  $\text{Fe}(\text{VI})$ . Кроме того, метод энергозатратен на стадии осаждения и фильтрации.

2. Термический синтез. Здесь  $\text{BaFeO}_4$  получают нагреванием смеси оксидов бария и железа в кислородной атмосфере при высоких температурах (800–1000°C) [3]. Преимущества: отсутствие жидких реагентов, что упрощает процесс и снижает отходы; возможность синтеза в твердой фазе с хорошей кристаллической структурой, подходящей для магнитных материалов. В экспериментах авторов термический метод дал стабильные образцы для тестирования в батареях. Недостатки: высокие энергозатраты на нагрев, риск неполного окисления железа (выход 60–80%), необходимость в специальных печах и контроль атмосферы для избежания примесей. Метод не подходит для лабораторного масштаба из-за опасности перегрева и низкой скорости реакции.

3. Электрохимический синтез. Анодное окисление железа в щелочном электролите ( $\text{NaOH}$  или  $\text{KOH}$ ) с добавлением солей бария позволяет получать  $\text{BaFeO}_4$  *in situ* [4]. Преимущества: экологичность (без хлорсодержащих окислителей), контроль процесса через ток и напряжение, возможность синтеза в твердой или жидкой фазе при комнатной температуре. В практике это удобно для интеграции с водоочисткой — феррат генерируется прямо в реакторе. Минусы: пассивация анодов, требующая специальных материалов (например, железная стружка для равномерного растворения), энергозатраты (2–10 кВт·ч/кг) и нестабильность продукта в воде без стабилизаторов. Однако, по сравнению с другими методами, электрохимика позволяет легко масштабировать.

В целом, выбор метода зависит от цели: химический для быстрого синтеза, термический для твердых материалов, электрохимический для экологических приложений. Главная проблема — стабильность  $\text{BaFeO}_4$ , которая требует инертной среды.

Электрохимический синтез феррата бария как перспективный метод.

Электрохимия выделяется за счет прямого окисления:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe(VI)}$  на аноде в  $\text{Ba(OH)}_2$ -растворе. Авторы адаптировали лабораторный реактор с железным анодом (стружка Ст3), катодом из стали и мембраной для разделения камер. Условия: pH 12–13, ток 5–15 мА/см<sup>2</sup>, температура 25–30°C. Выход достиг 75–80%, что лучше химического метода в тестах авторов [4].

Результаты: при токе 10 мА/см<sup>2</sup> концентрация  $\text{Fe(VI)}$  — 20–30 мг/л, стабильность продукта — до 30 мин в щелочной среде. Для очистки стоков  $\text{BaFeO}_4$  удалял красители на 90–95%, металлы на 85%. Анод из стружки снизил стоимость на 80%, энергия — 3–5 кВт·ч/кг. Ограничения: замена мембраны и контроль pH.

Таким образом, синтез  $\text{BaFeO}_4$  — ключ к новым материалам, и электрохимия предлагает баланс между эффективностью и безопасностью. Данные авторов подтверждают его потенциал для батарей и очистки.

#### Литература

1. Актуальные проблемы химии и химической технологии: сб. статей. / Сафаров, А.М. (ред.). - Душанбе: АМИТ, 2024. 250 с.
2. Rapid chemical synthesis of the barium ferrate super-iron Fe (VI) compound  $\text{BaFeO}_4$  / Licht, S. et al. // *Journal of Power Sources*. - 2002. Vol. 109, - No. 1. - P. 80–85.
3. Delaude, L. Novel Oxidizing Reagent Based on Potassium Ferrate(VI) / L. Delaude, P. Laszlo // *Journal of Organic Chemistry*. - 1996. Vol. 61, - No. 18. - P. 6360–6370.
4. Alsheyab, M. On-line production of ferrate with an electrochemical method and its potential application for wastewater treatment – A review / M. Alsheyab, J.Q. Jiang // *Journal of Environmental Management*. - 2009. Vol. 90 - No. 3. - P. 135 0–1356.
5. Sharma, V.K. Ferrate(VI) and ferrate(V) oxidation of organic compounds: Kinetics and mechanism // *Coordination Chemistry Reviews*. - 2013. Vol. 257, - No. 2. - P. 495–510.
6. Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation / Feng, Y. et al. // *Environmental Science: Water Research & Technology*. - 2016. - Vol. 2. - P. 800–831.
7. Electrochemical advanced oxidation processes: today and tomorrow. A review / Sirés, I. et al. // *Environmental Science and Pollution Research*. - 2014. - Vol. 21. - P. 8336–8367.
8. Single and Coupled Electrochemical Processes and Reactors for the Abatement of Organic Water Pollutants: A Critical Review / C.A. Martínez-Huitle, [et al.] // *Chemical Reviews*. - 2015.- Vol. 115 - No. 24. - P. 13362–13407.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ. ПЕРЕРАБОТКА. ПРИМЕНЕНИЕ. ЭКОЛОГИЯ.

Материалы Международной конференции

«Композит-2025» г. Энгельс  
22 – 24 октября 2025 года

Редактор *Т.П. Устинова*

Компьютерная верстка *Н.В. Борисова*

---

Подписано в печать 02.12.2025.

Формат 60×84 1/16. Бумага офисная. Гарнитура Times New Roman. Печать RISO.  
Объем 20,2 усл. печ. л. Тираж 100 экз.

---

ISBN 978-5-6049266-0-4

