

Стеклогерметики $\text{BaO-SiO}_2\text{-CaO/MgO-}$
 $\text{B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ для ТОТЭ и ТОЭЛЭ
электролит-поддерживающей конструкции

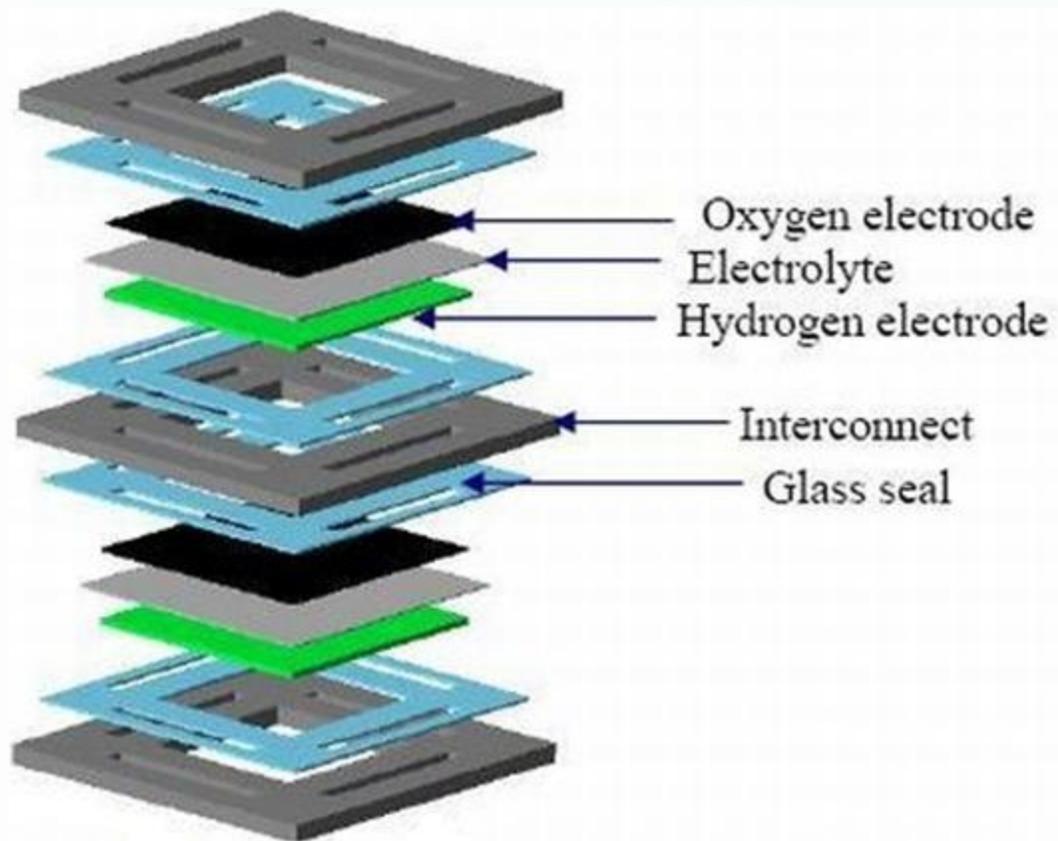
А.О. Жигачев¹, А.Р. Искандерова², Д.В. Жигачева¹, Е.А. Агаркова¹, С.И. Бредихин¹

¹ИФТТ РАН

²Государственный университет просвещения

Черноголовка, 2023

Герметизация ТОТЭ и ТОЭЛЭ



Требования к герметику

- 1) Подходящие температуры стеклования, размягчения и плавления;
- 2) Хорошая адгезия к поверхности биполярных пластин и электролита;
- 3) Подходящий коэффициент термического расширения;
- 4) Химическая стойкость в окислительной и восстановительной атмосферах при высокой температуре.

Исследованная система



- Основной стеклообразующий компонент
- Повышение температуры размягчения
- Повышение химической стабильности

- Управление КТР
- Управление адгезией к материалам ТОТЭ и ТОЭЛЭ

- Улучшение адгезии
- Снижение температуры размягчения
- Улучшение текучести

- Управление температурой размягчения
- Замедление кристаллизации

Исследованные составы

Обозначение	Содержание компонентов, мол. доли					
	SiO ₂	BaO	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
C20_M0	0,33	0,33	0,20	0,00	0,09	0,05
C10_M10	0,33	0,33	0,10	0,10	0,09	0,05
C0_M20	0,33	0,33	0,00	0,20	0,09	0,05

Методика эксперимента

Смешивание прекурсоров в виде пасты,
сушка

Плавка при 1500 °С с закалкой в воду

Исследование свойств

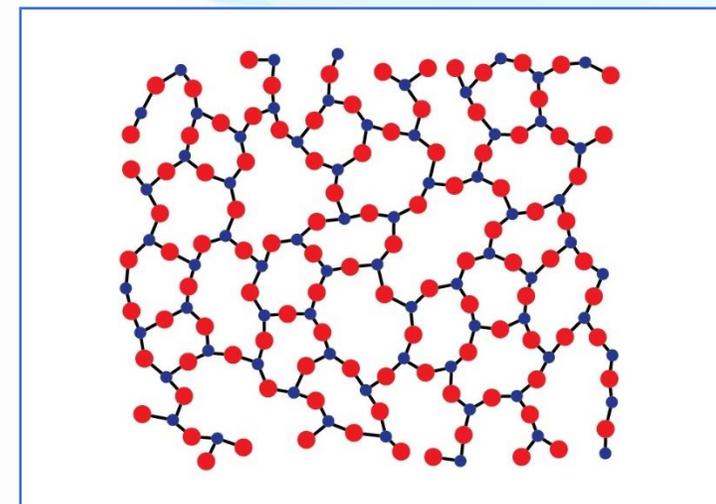
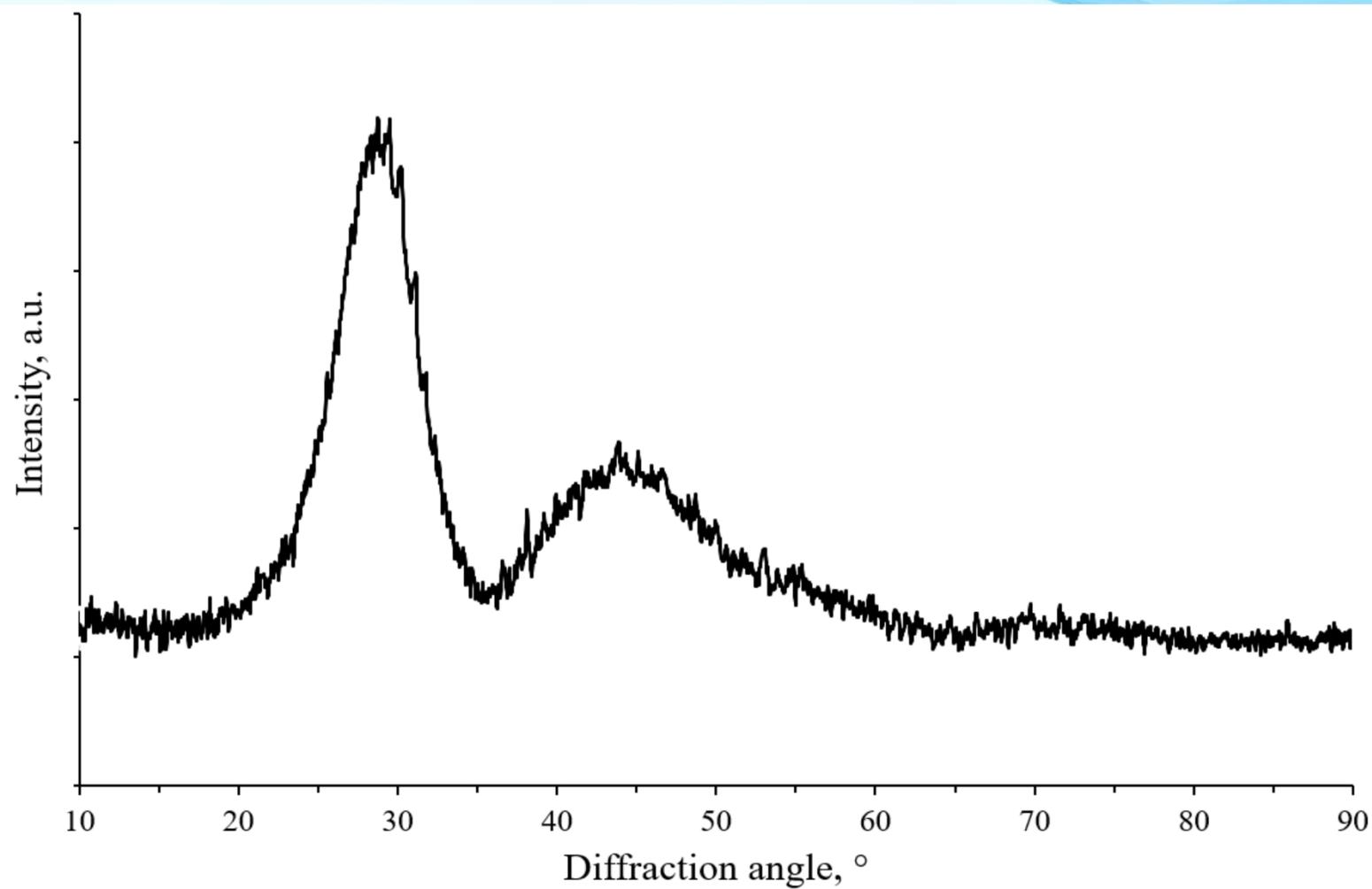
Рентгенофазовый анализ

Дилатометрия, определение
КТР

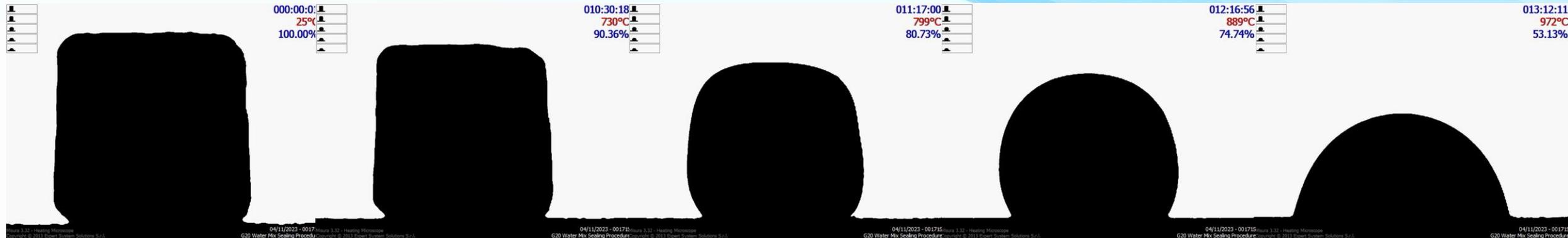
Высокотемпературная
микроскопия

СЭМ, микроструктура после
заклейки

Фазовый состав герметика после закалки



Высокотемпературная микроскопия



Комнатная температура

Температура спекания

Температура размягчения

Температура образования сферы

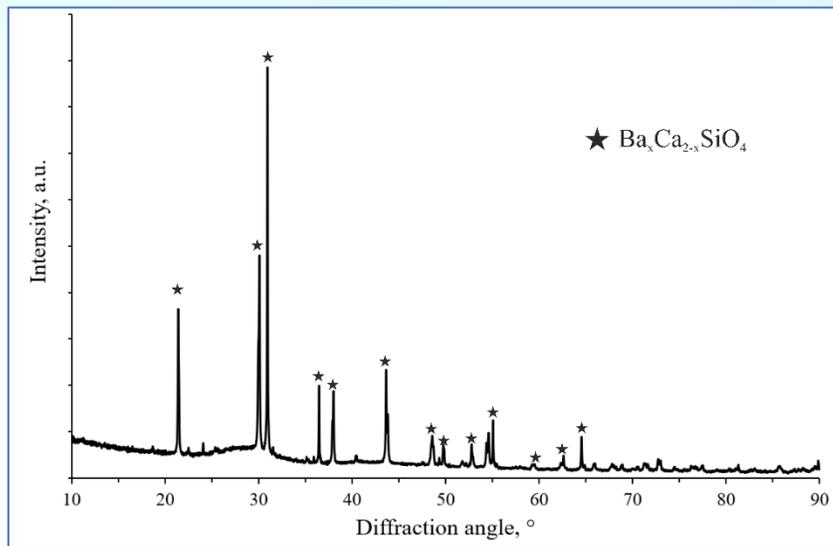
Температура образования полусферы

Высокотемпературная микроскопия

Материал	Температура спекания, °С	Температура размягчения, °С	Температура образования сферы, °С	Температура образования полусферы, °С
C20_M0	708	800	817	980
C10_M10	710	980	---	990
C0_M20	710	980	>1050	>1050

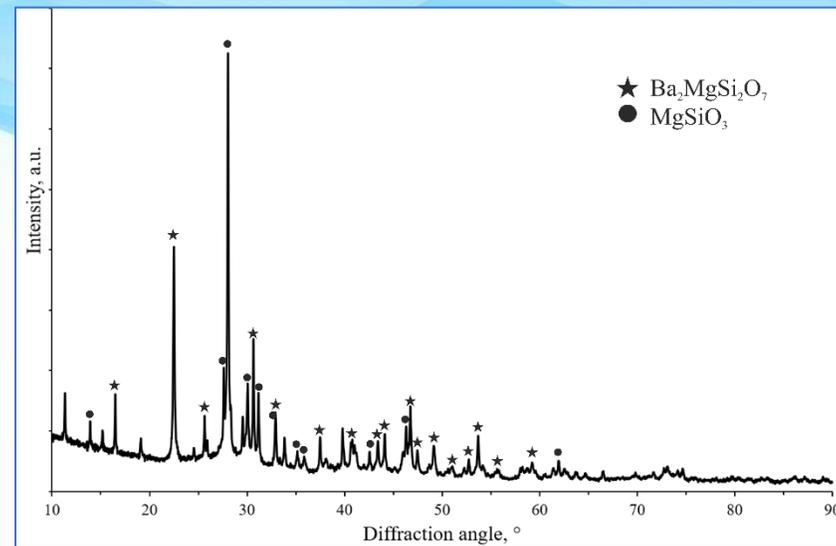
Пробная температура заклейки для исследуемых герметиков – 980 °С

Фазовый состав герметика после заклейки

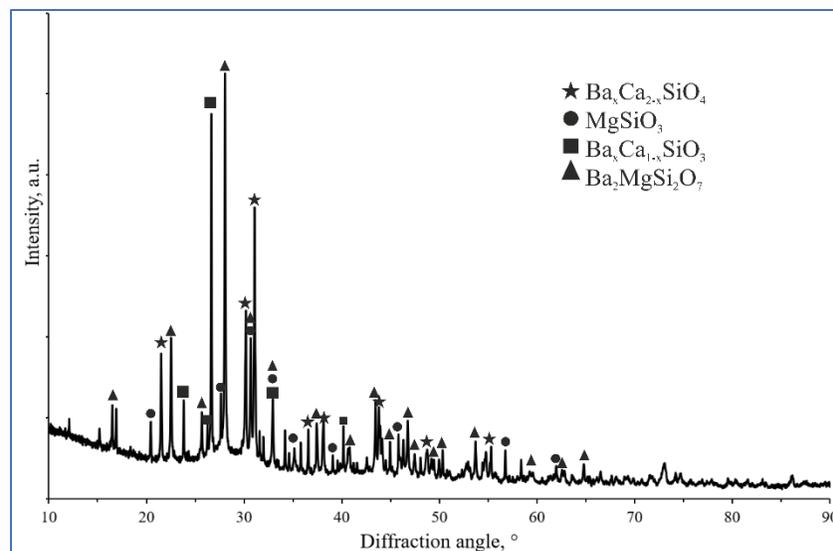


C20_M0

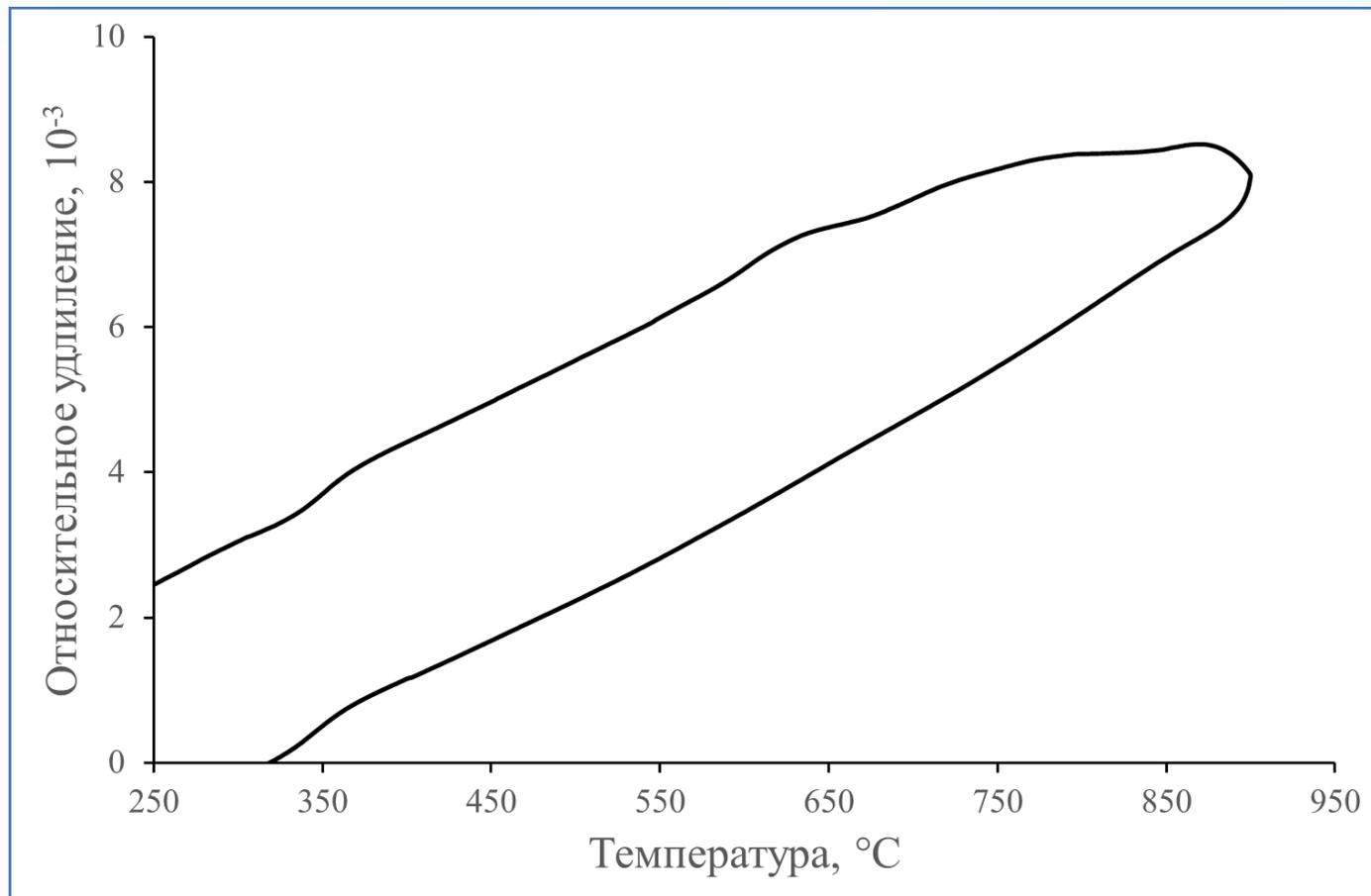
C10_M10



C0_M20

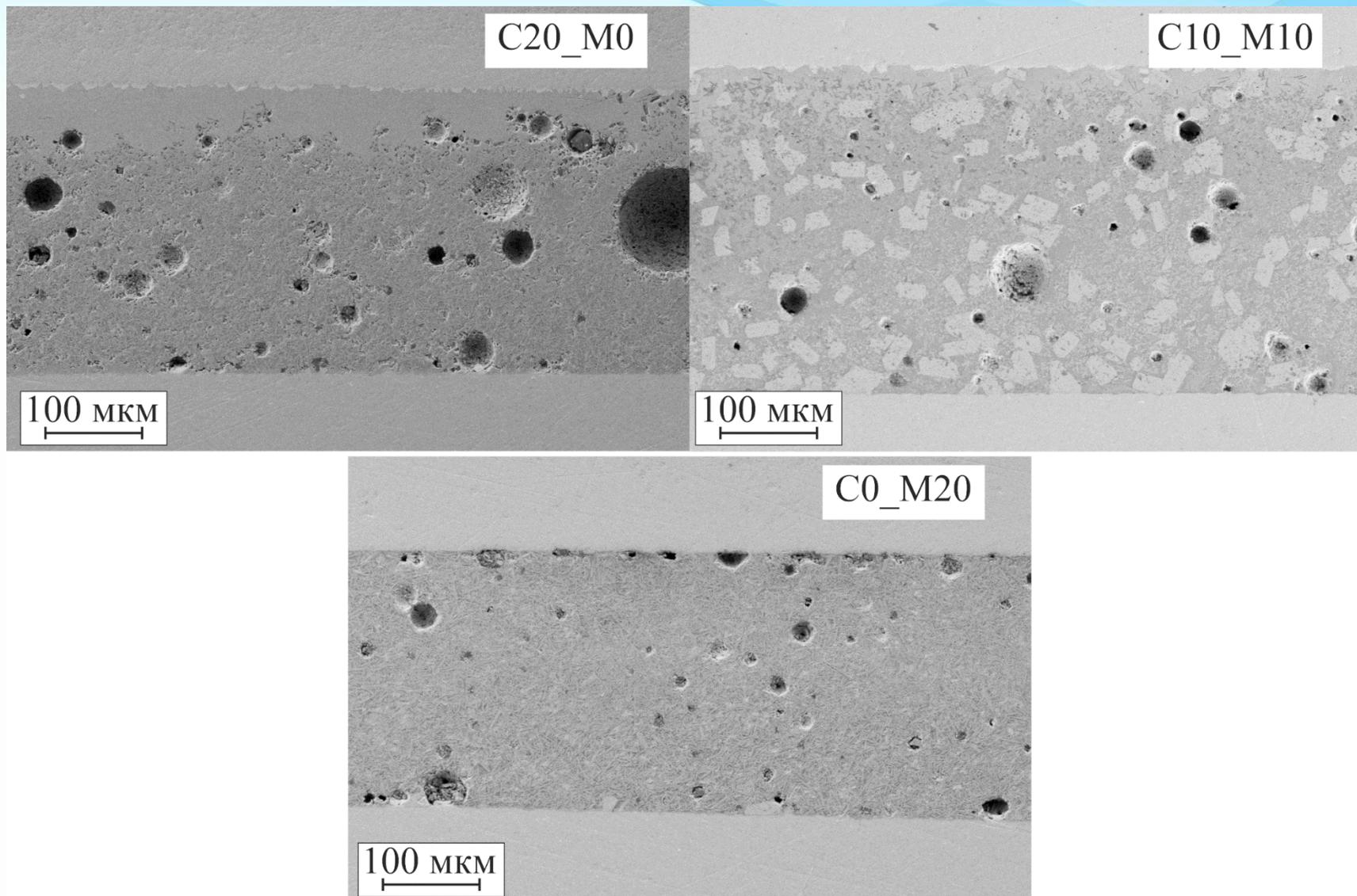


Дилатометрия



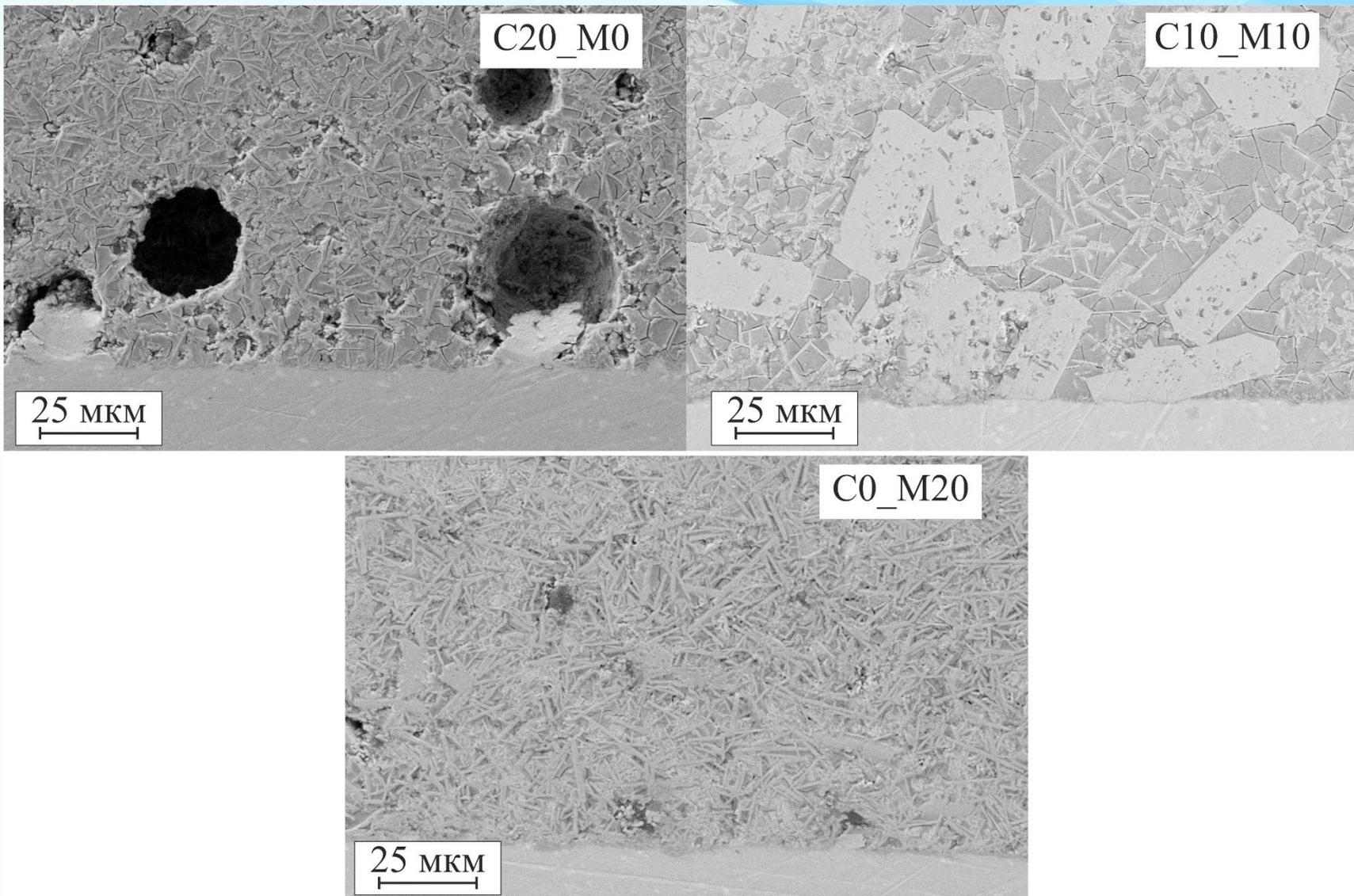
Материал	КТР, 10^{-6} 1/К 350-750 $^{\circ}\text{C}$
C20_M0	11,6 \pm 0,2
C10_M10	11,6 \pm 0,2
C0_M20	11,3 \pm 0,3
10Sc1YSZ	10,0-11,0
Crofer 22 APU	10,6-11,8

СЭМ изображения слоя герметика

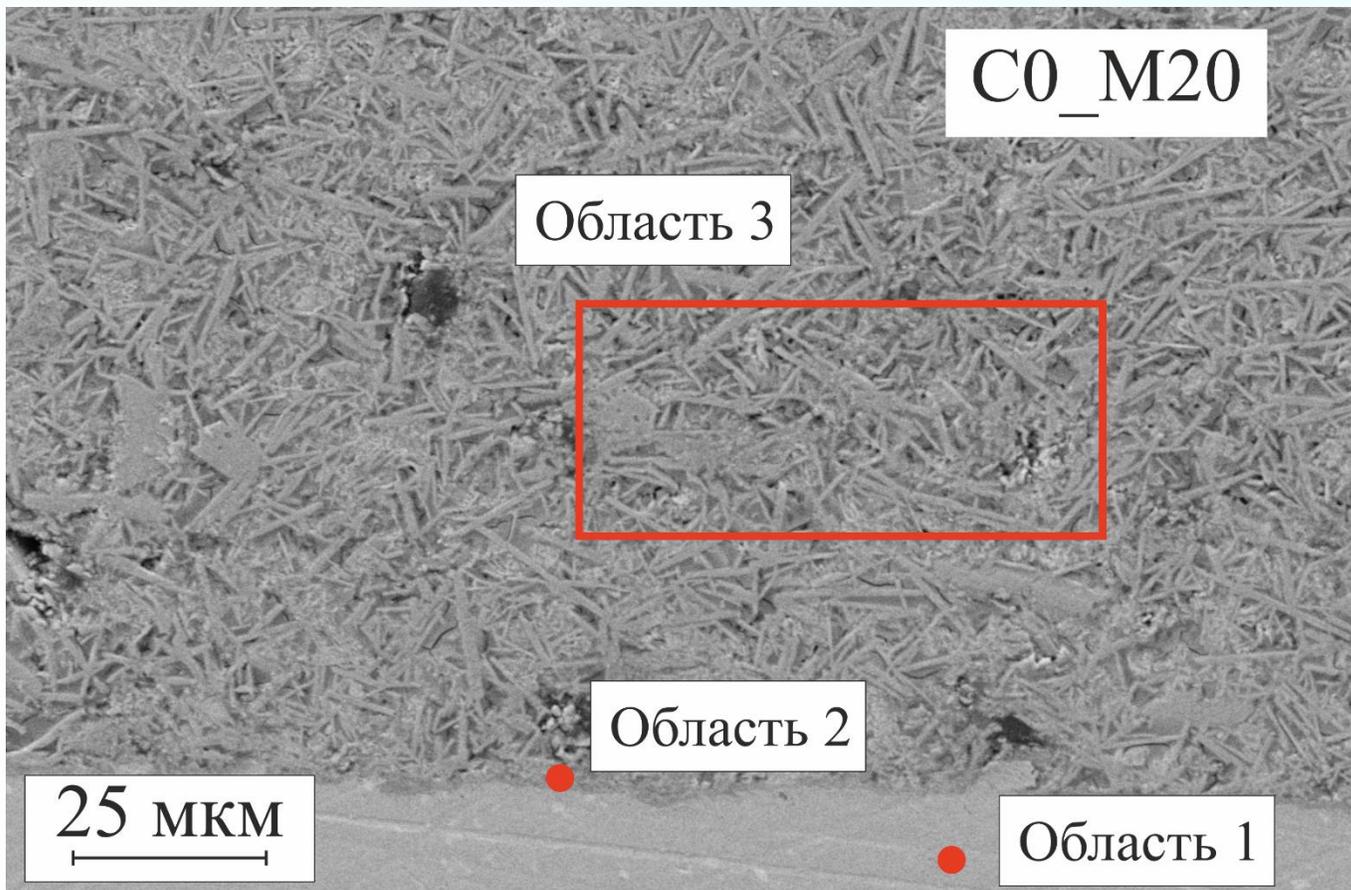


СЭМ изображения контакта герметик-сталь

13

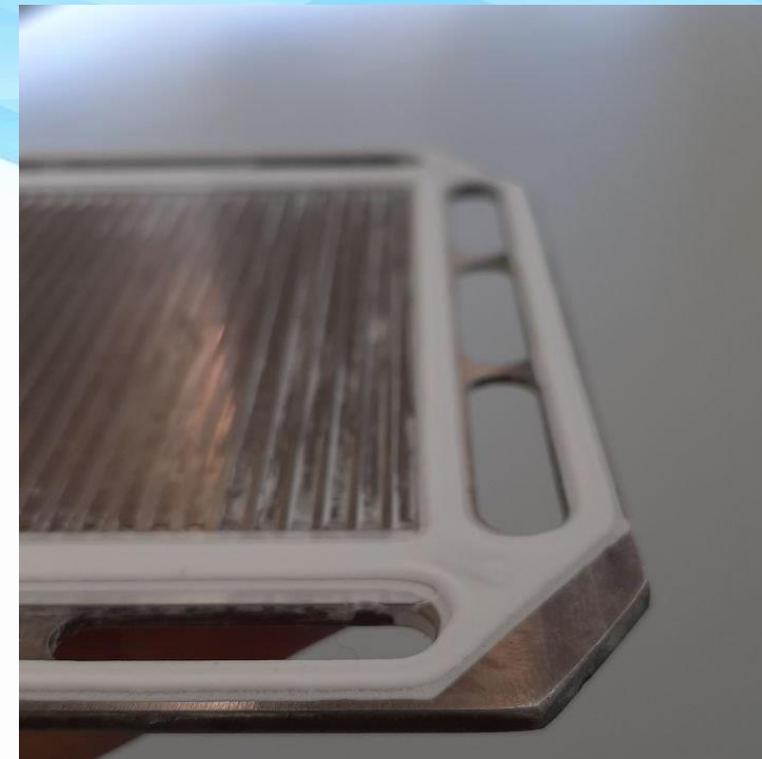
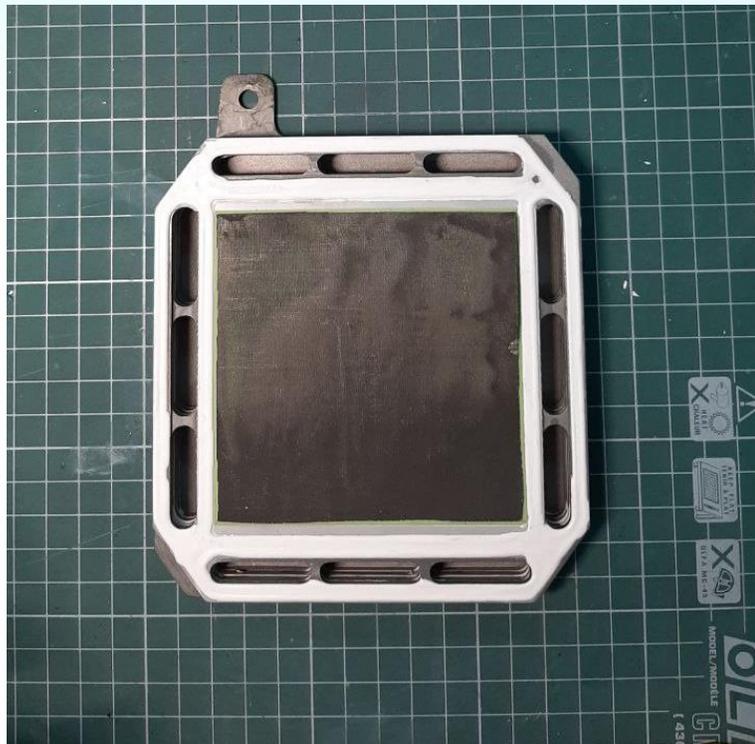


Элементный анализ



Элемент	Область 1	Область 2	Область 3
Si	-	2	13
Ba	-	-	15
Mg	-	2	14
Al	-	-	2
Cr	7	34	2
Fe	42	4	-
B	?	?	?
O	Баланс		

Пробная сборка с герметиком С20_М0



В течение 100 часов герметичность не была нарушена

Выводы по исследованным составам

Показатель	Состав		
	C20_M0	C10_M10	C0_M20
КТР	Подходящий	Подходящий	Подходящий
Адгезия к Crofer 22 APU	Слабо выраженный реакционный слой	Слабо выраженный реакционный слой	Есть реакционный слой
Температура размягчения	Близка к оптимальной	Слишком высока	Слишком высока

Спасибо за внимание!

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ
Проект № МК-3060.2022.1.2

zhigachev@issp.ac.ru