

НОВЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ – КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.С. КАПРИЕЛОВ

д.т.н., академик РААСН,
НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
АО «НИЦ «Строительство»

МГСУ – сентябрь 2023

НОВЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ – КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В начале 2000-х в стройиндустрии начались стремительные изменения: в практике проектирования и строительства появились новые модифицированные бетоны

Движущей силой прогресса оказался комплекс «Москва-Сити» крупнейший объект гражданского строительства в современной истории России

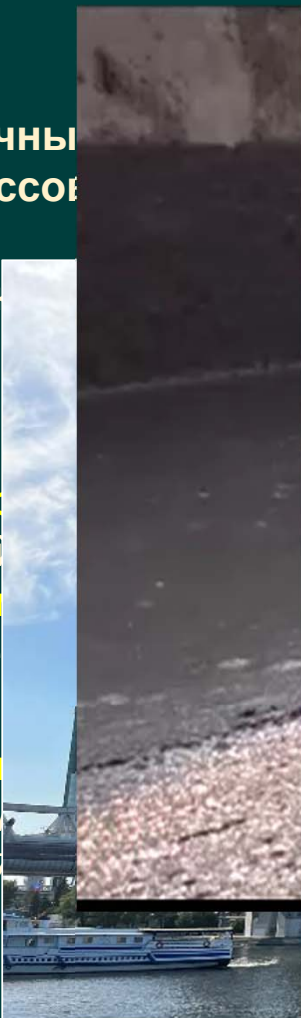
Появился уникальный объект —> возникли проблемы

Возникли проблемы —> появились решения

Зелёные технологии – не только снижение углеродного следа от неблагоприятных для природы производств и безотходные технологии, но благоприятные условия труда – производительность, безопасность и гигиена.

НОВЫЕ

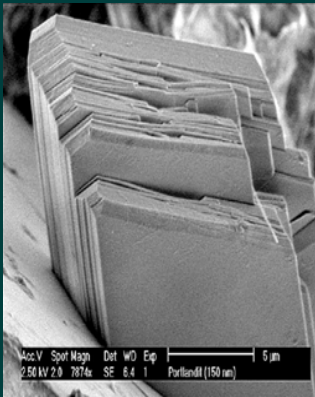
- Высокопрочные бетоны классов
- Сверхвысокопрочные дисперсноармированные бетоны **V100-V160**
- Бетоны с повышенной прочностью бетоны с комбинированным расширением
- Малоцементные бетоны с потенциалом трещиностойкости



МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ, КАК МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

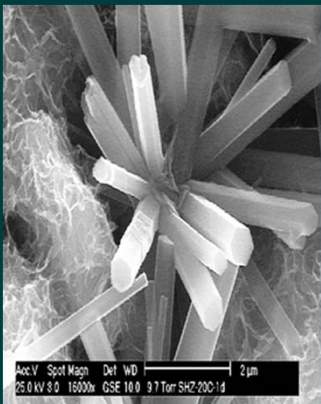
О СТРУКТУРЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Портландит (СН)



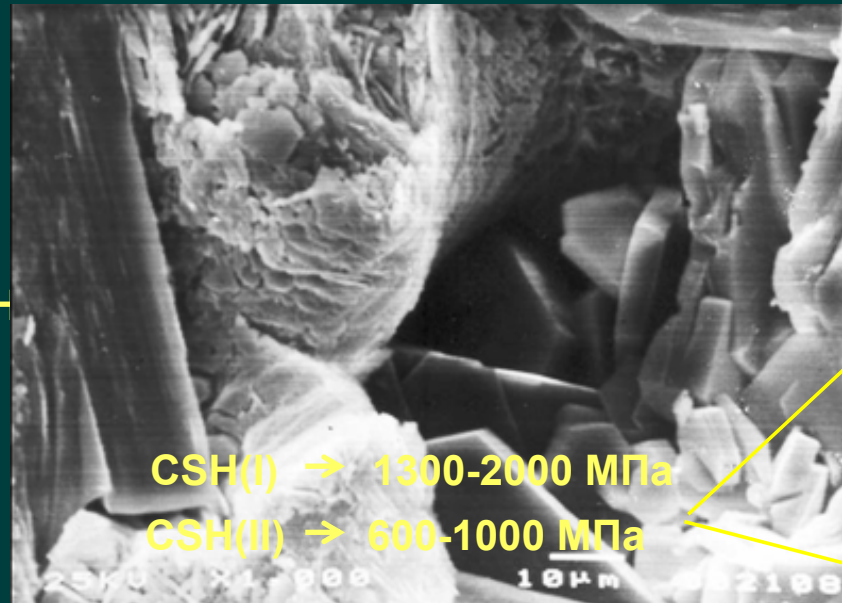
5 μm

Этtringит (CASH)



2 μm

Прочность в МПа

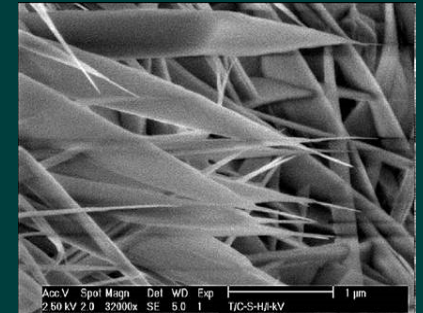


CSH(I) → 1300-2000 МПа

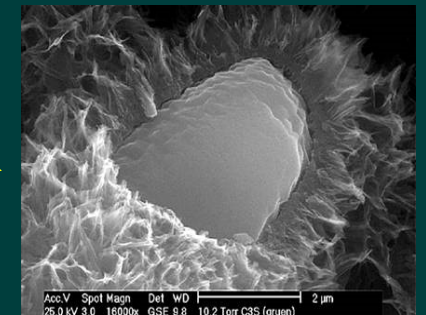
CSH(II) → 600-1000 МПа

10 μm

Тоберморит (С-S-H)



1 μm

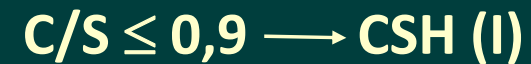


2 μm

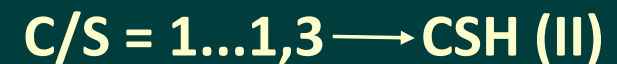
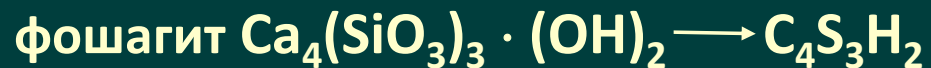
О СТРУКТУРЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Гидросиликаты кальция

Тоберморитовая группа:



Соединения, подобные волластониту:



О СТРУКТУРЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Прочность низкоосновных ГСК – CSH (I) тоберморитовой группы, фашагита, ксонотлита достигает 1300-2000 МПа, что обусловлено преобладанием в них сильной ковалентной связи (Si – O)

Прочность высокоосновных ГСК – CSH (II) значительно (до 2-х раз) меньше, что связано с преобладанием в них слабой ионной связи (Ca – O)

СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ обычный

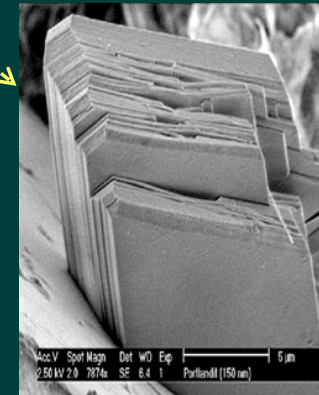


Этtringит (CASH)



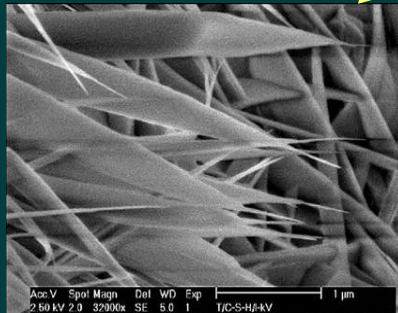
2 μm

Портландит (CH)

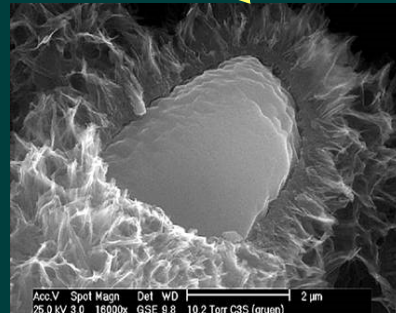


5 μm

Тоберморит (C-S-H)

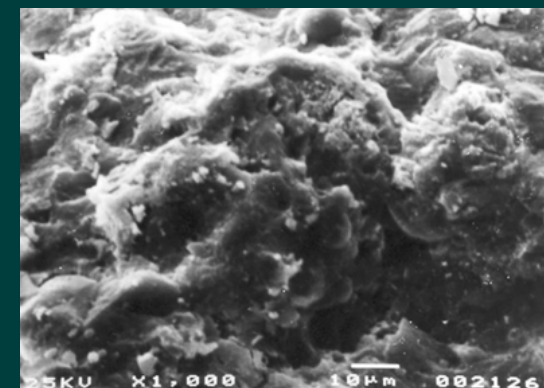


1 μm

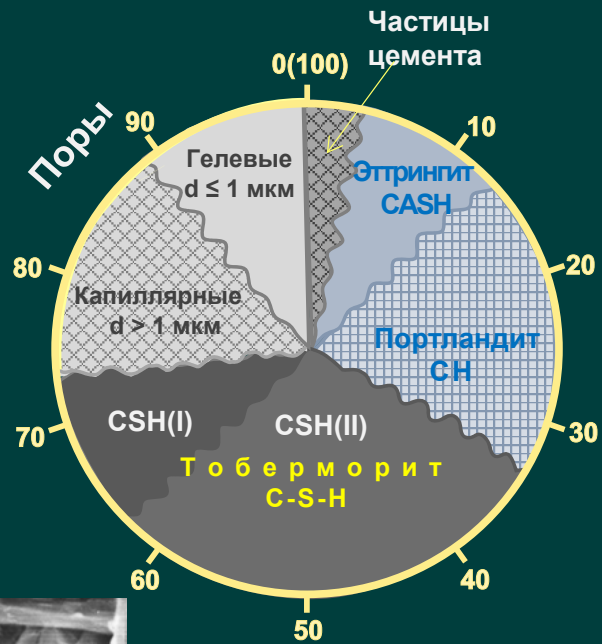


2 μm

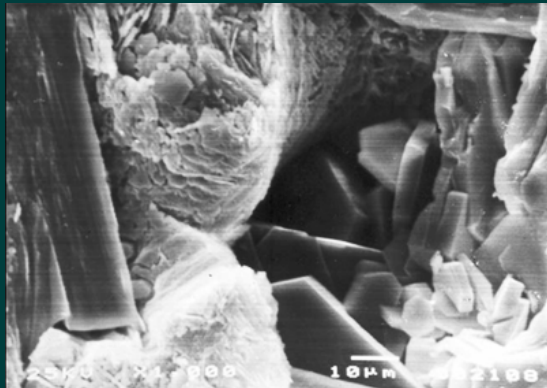
СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ модифицированный



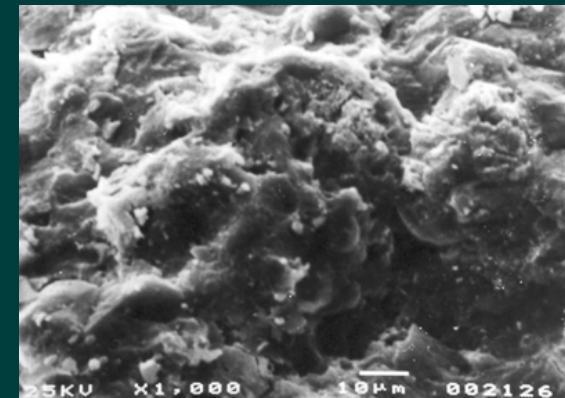
СТРУКТУРА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ



обычный



модифицированный



Пути реализации принципа получения высокопрочной структуры

Использовать
Специальные цементы

*«Белитовые»
ВНВ
«Наноцементы»*



Использовать
обычные цементы

*Портландцементы
типа ЦЕМ I и ЦЕМ II
в сочетании
с модификаторами*

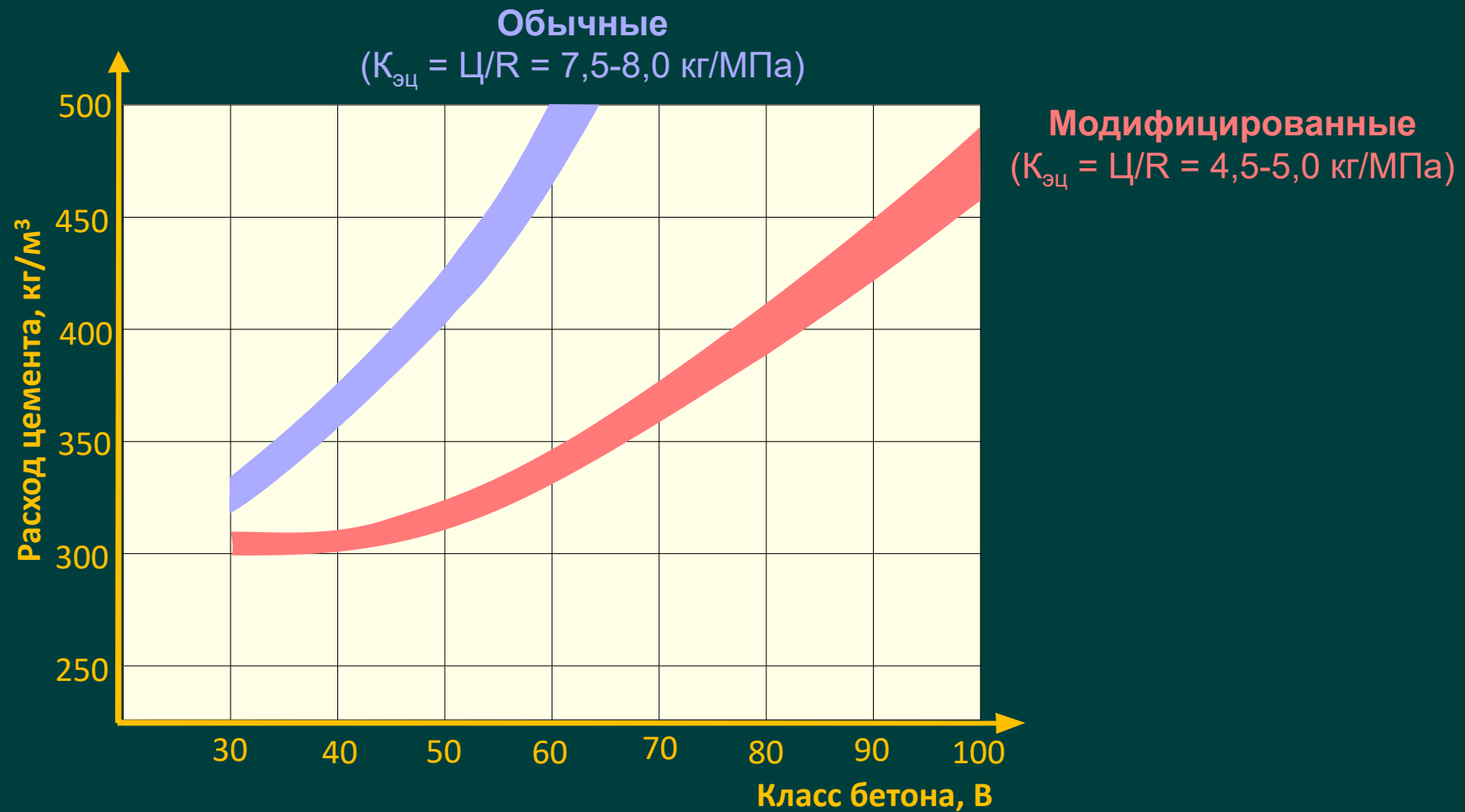


МОДИФИЦИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ В КОНТЕКСТЕ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Новый вид добавок –
органоминеральные
модификаторы
МБ–С и Эмбэлит



Средний расход цемента ЦЕМ I в обычных и модифицированных бетонах разных классов



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ: УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ И МАЛОЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ

- При производстве новых бетонов в период 2000-2023 гг. **использовано 300 тыс. тонн модификаторов**
- **Утилизировано более 270 тыс. тонн отходов (дымов) металлургии и электроэнергетики**
- Сэкономлено **около 800 тыс. тонн цемента**
- **Понижены выбросы** в атмосферу углекислого газа в количестве **около 700 тыс. тонн**



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Экологический аспект

1. Возможный **объем утилизации отходов** электрометаллургических производств и теплоэлектростанций
– **6 млн.т/год;**
2. Возможный **объем экономии цемента**
– **10 млн.т/год ;**
3. Возможное **предотвращение выбросов** в атмосферу углекислого газа
– **9 млн.т/год;**
4. Высокая производительность бетонных работ со снижением шумовых воздействий и вибрации.

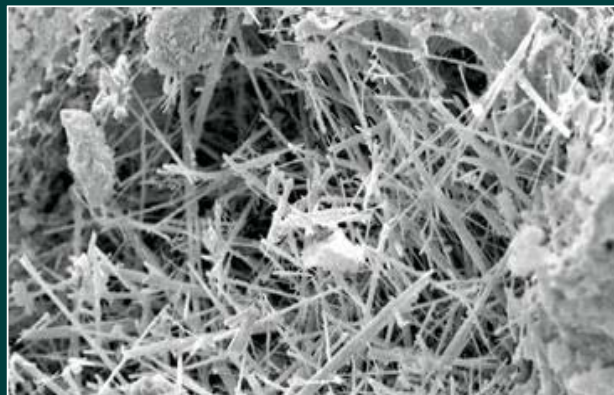
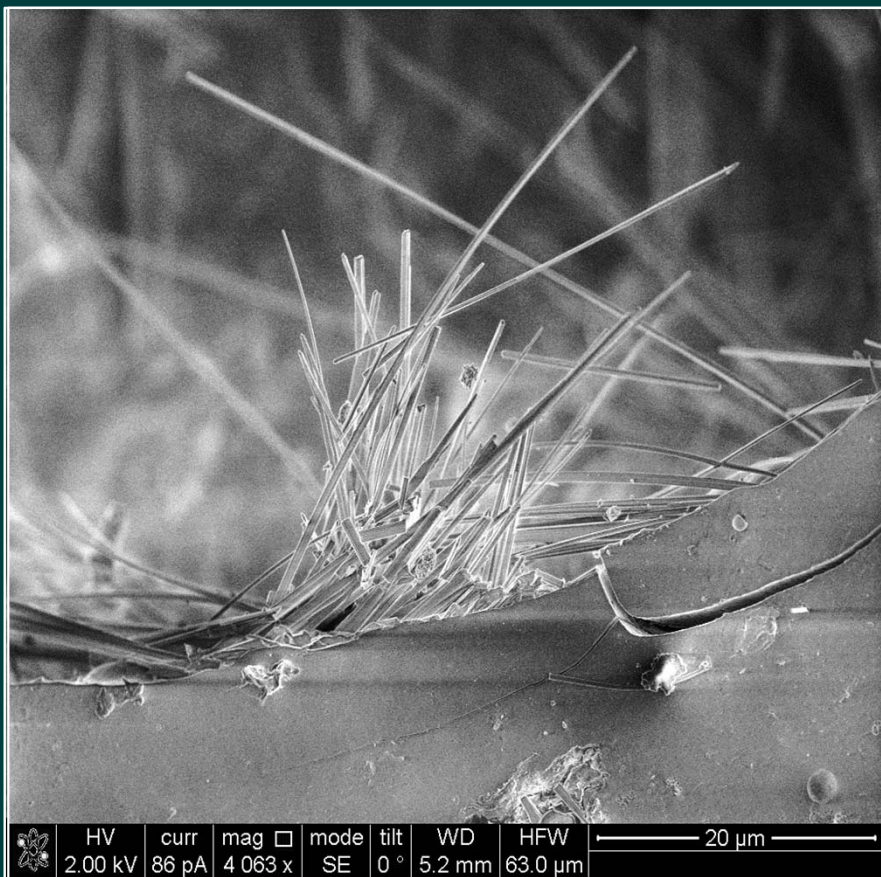
Технический аспект

Разработка новых принципов расчета проектирования и возведения современных конструкций с использованием высокопрочных и самоуплотняющихся:

- *облегченных тяжелых бетонов классов **B50-B80, D2000-D2200** с заданными деформационными характеристиками;*
- *порошковых мелкозернистых и легких бетонов классов **B60-B170, D1600-D2200;***
- *сталефибробетонов классов **$B_{ft}6-B_{ft}8$; $B_{ftb}16-B_{ftb}20$;***
- *особотяжелых бетонов классов **B60-B100, D3800-D4500, E_b до 60 ГПа***

Тоберморит

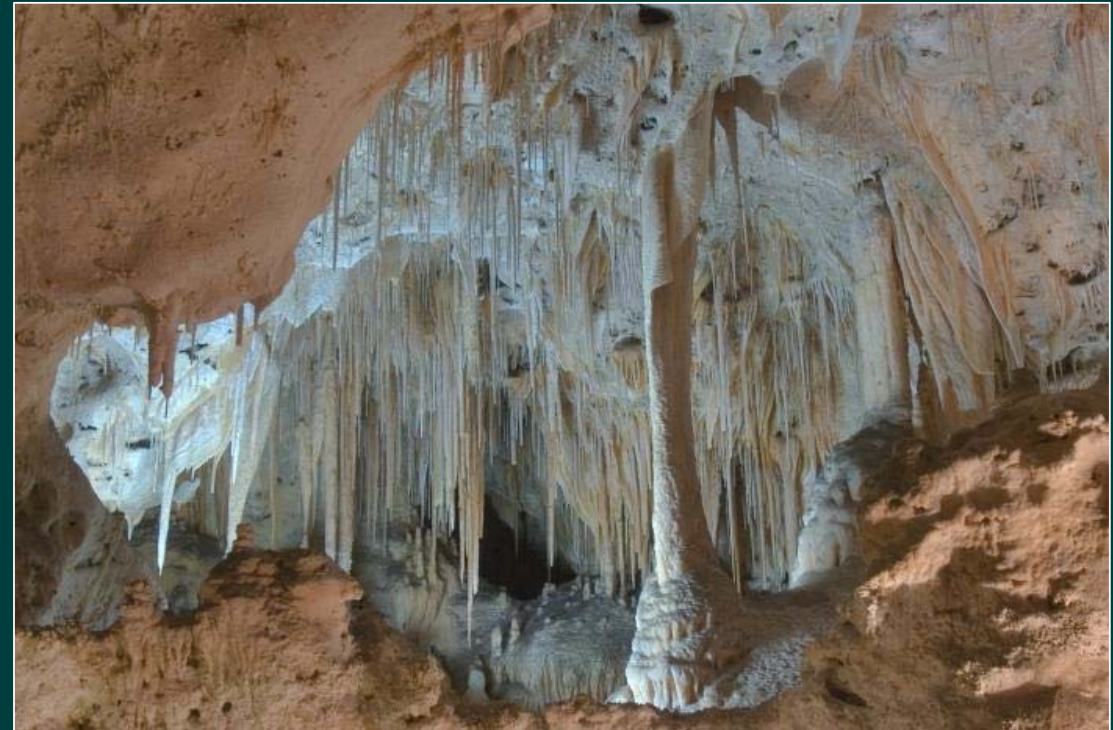
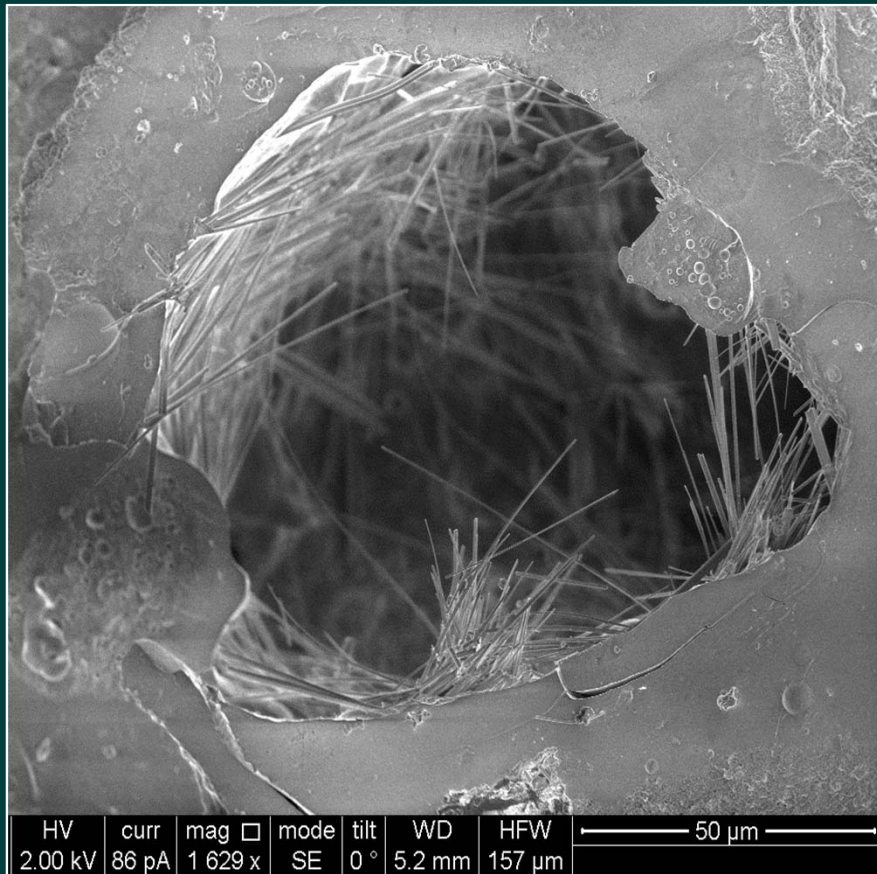
минерал гидросиликата кальция



Тоберморит в природе

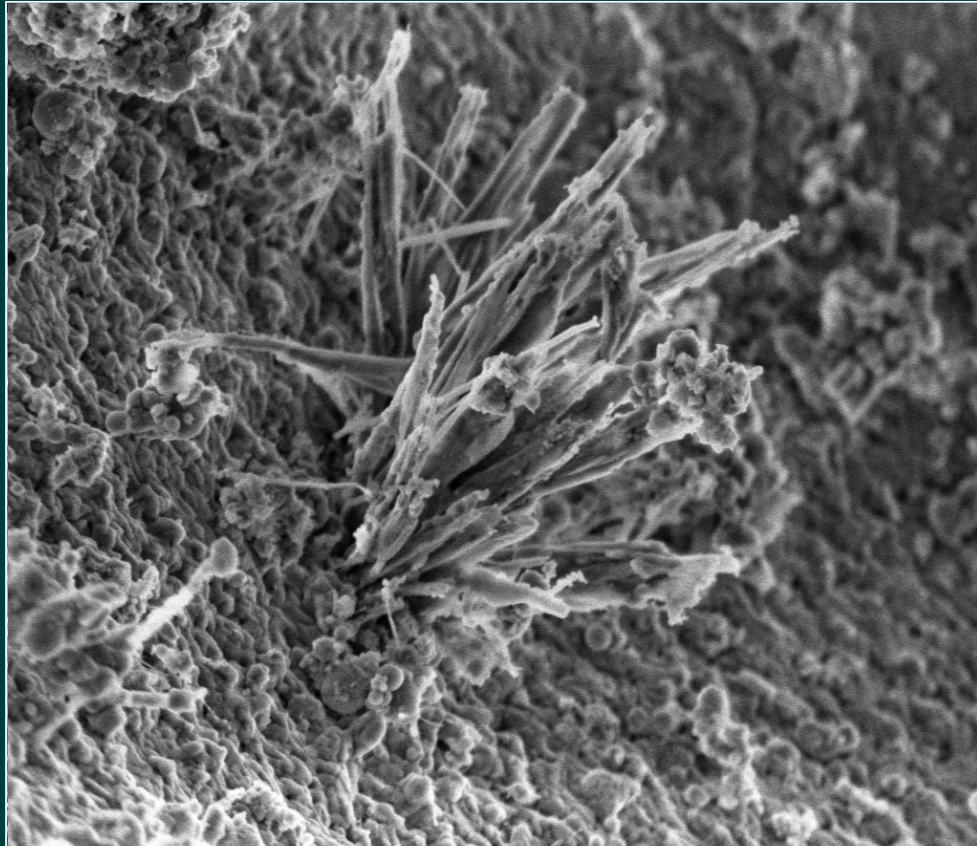
Тоберморит

минерал гидрата силиката кальция



Самая большая карстовая пещера на планете
Мамонтовы пещеры, сталактиты и сталагмиты
США. Штат Кентукки

ЭТТРИНГИТ



	HV	curr	mag	mode	tilt	WD	HFW	
	2.00 kV	86 pA	35,011 x	SE	0 °	4.2 mm	7.31 μm	2 μm



Этtringит в природе



Камчатка. Лавовые пещеры. Сталактиты

Спасибо за внимание