

# **Применение нанотехнологий для повышения долговечности железобетонных изделий электросетевого строительства**

**V международная научно-практическая конференция  
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ УМНЫХ СЕТЕЙ:  
ИННОВАЦИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»  
04-06 июля 2018**

**Сбойчакова Татьяна Игоревна  
Касаткин Сергей Петрович**

## Коррозия железобетонных конструкций

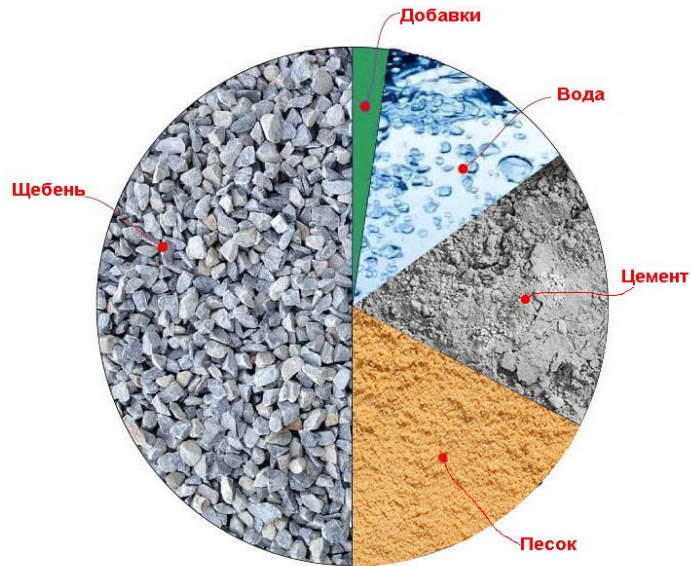
**Коррозия бетона из-за объемного расширения отдельных фаз (замораживание/оттаивание, образование сульфатных солей)**



**Коррозия арматуры вследствие депассивации (карбонизация, воздействие хлоридных солей)**



## Компоненты бетонной смеси



## Показатели качества бетона

- Прочность на сжатие, В
- Водонепроницаемость, W
- Морозостойкость, F

## Добавки для бетонов

- Пластифицирующие
- Воздухововлекающие
- Ускоряющие твердение
- Гидрофобизирующие

...

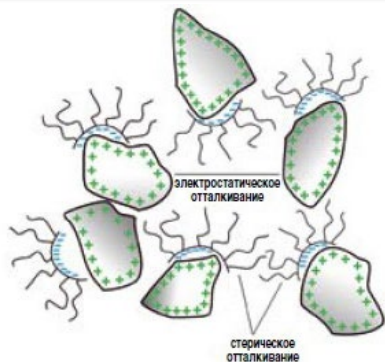


**Комплексные добавки,**  
обеспечивающие  
модификацию сразу  
ряда свойств



## Основные компоненты комплексной добавки

### Поликарбоксилатные полимеры (ПАВ)



### Золь кремниевой кислоты (1-100 нм)

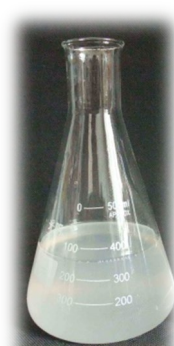
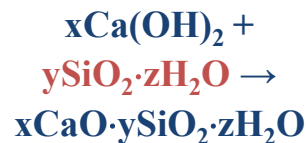
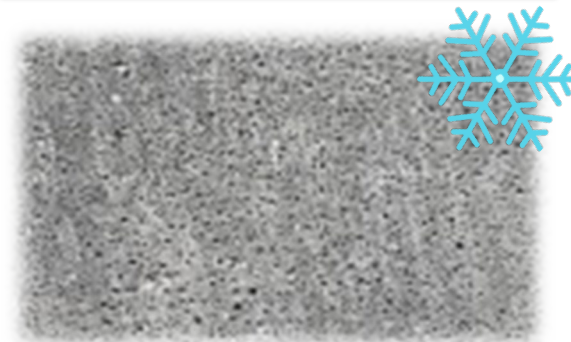


Схема образования гидросиликатов кальция



### Воздухововлекающий компонент (ВМС)



За счет снижения В/Ц, уплотнение структуры, повышение:

- прочности,
- водонепроницаемости
- морозостойкости

Гидратные соединения блокируют поры, повышение:

- плотности,
- прочности,
- коррозионной стойкости

Формирование мелких замкнутых пор, повышение:

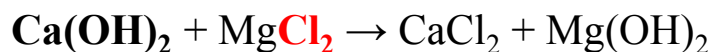
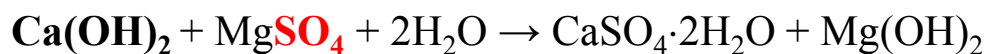
- удобоукладываемости
- морозостойкости

Эффективность действия добавки оценивали по изменению плотности (водопоглощения), прочности на сжатие, прочности на растяжение при изгибе, водонепроницаемости и морозостойкости

## Коррозионные процессы с участием $\text{Ca}(\text{OH})_2$

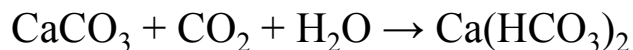
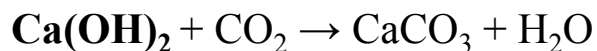


### Магнезиальная коррозия

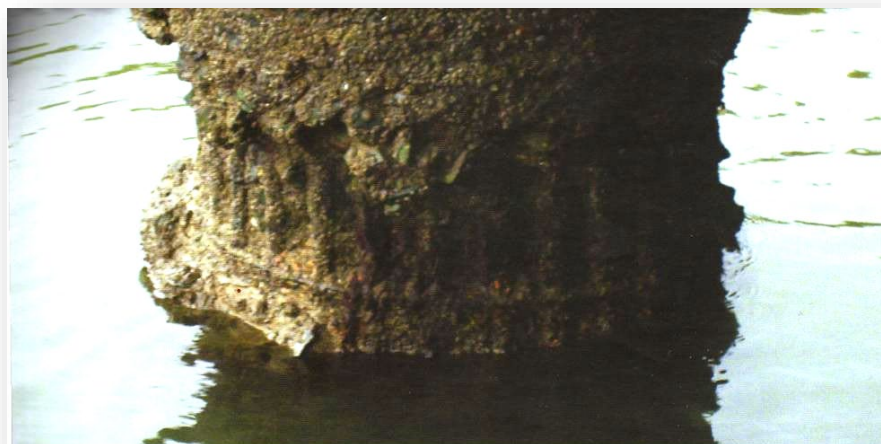


$\text{Mg}(\text{OH})_2$  не обладает вяжущими свойствами

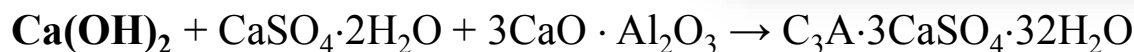
### Коррозия выщелачивания



белый налет



### Сульфатная коррозия



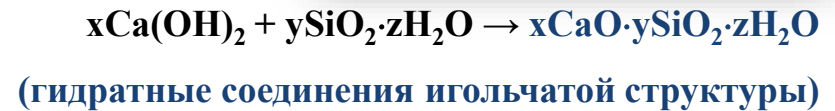
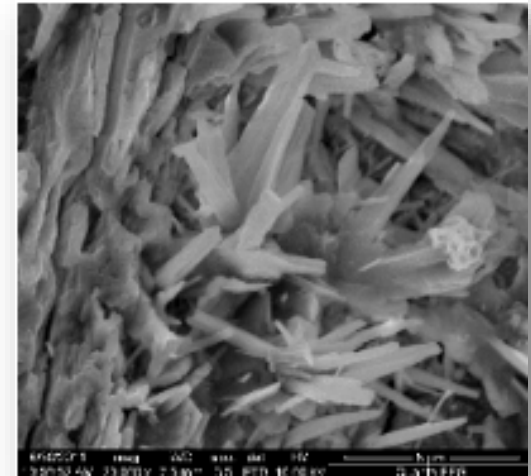
увеличение объема фаз

## Эффективность комплексной добавки

Разработанная комплексная добавка повышает:

- Плотность бетона на **30-35%**
- Прочность на сжатие на **70-80%**
- Прочность на растяжение при изгибе на **80-90%**
- Водонепроницаемость на **3-4 ступени**
- Морозостойкость в **2-3 раза**

х 20 000 раз



## Опыт применения наномодифицирующей добавки:

- ✓ *монолитного жилищного строительства, в том числе высотного домостроения;*
- ✓ *дорожного строительства, для изготовления бетонных дорожных покрытий на аэродромах, складах и погрузочно-разгрузочных площадках*

## Ремонтно-защитный материал

### Сухая композиционная смесь:

- Портландцемент,
- Высокоглиноземистый цемент,
- Тонкомолотый магнезиальный известняк

**Комплексная добавка,**  
содержащая дисперсии наноразмера



Рекомендован для ремонта фундаментов опор ВЛ



## Направления применения наномодифицированного бетона

Направления применения	повышенная прочность	нормируемая прочность*
Показатели качества бетона	<b>B60 W14 F<sub>1600</sub></b>	<b>B40 W12 F<sub>1500</sub></b>
Возможности оптимизации	<b>-20% металла за счет разработки новых конструкций</b>	<b>-25% цемента за счет корректировки состава бетона существующих конструкций</b>
Эффект	<b>повышенная долговечность, снижение себестоимости</b>	<b>повышенная долговечность, сохранение себестоимости</b>

\* Нормируемые параметры бетона для свай: **B40 W6 F<sub>150</sub>**