

Оценка реакционной способности некоторых заполнителей на северном побережье Египта по отношению к щелочам цемента

Александр Сурков

Ближайшее будущее: новые вызовы – новые возможности



Ключевые предпосылки интенсивного развития:

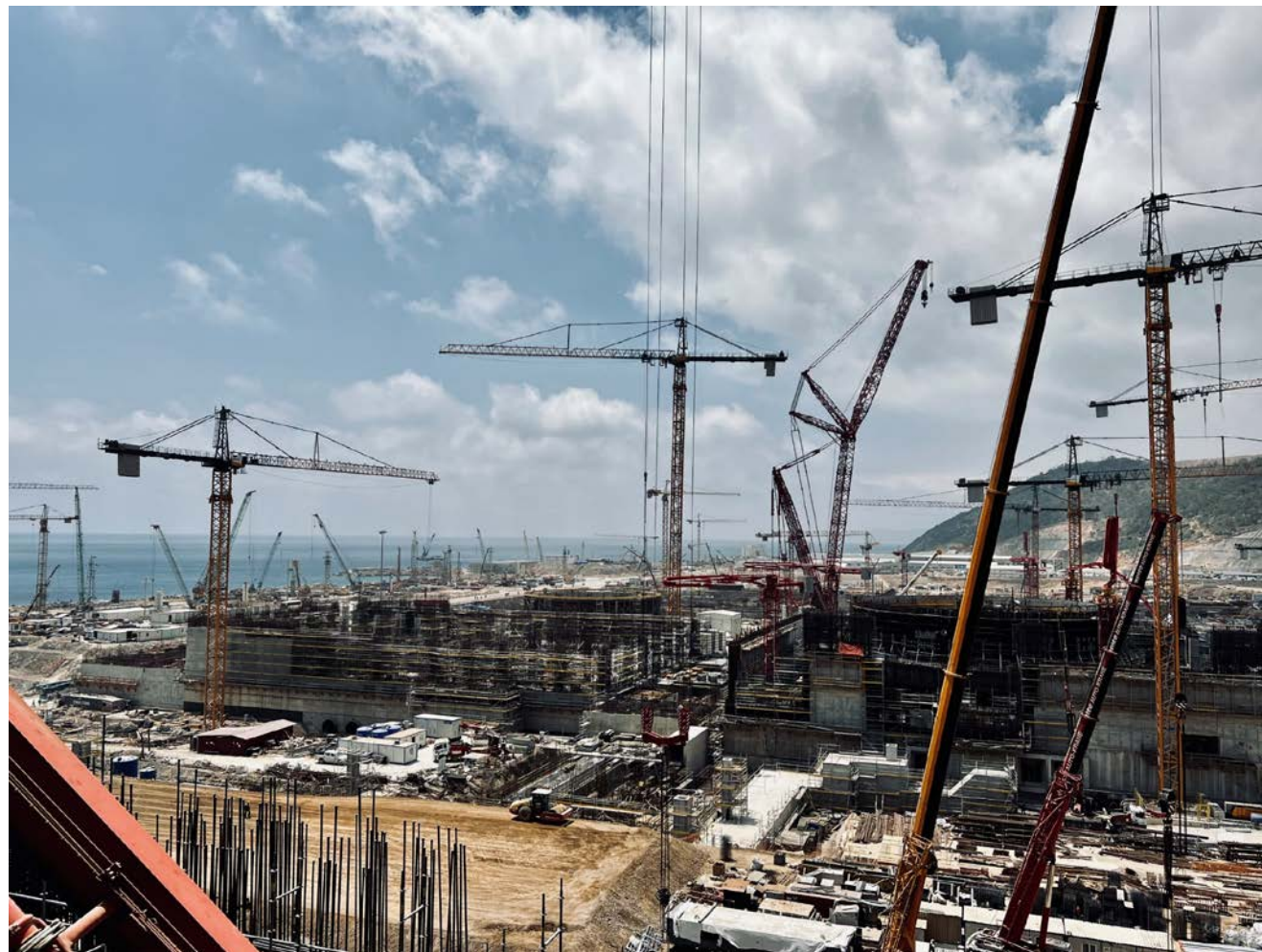
- развитие новых методов производства
- развитие сетевых технологий
- рациональное совмещение возобновляемых источников энергии и высокоэффективной традиционной электрогенерации
- доступ к прибрежной зоне



Исключительная важность наличия
долговечной инфраструктуры,
построенной с учетом принципов
устойчивого развития

Объекты капитальной инфраструктуры: особые требования к долговечности используемых конструкций

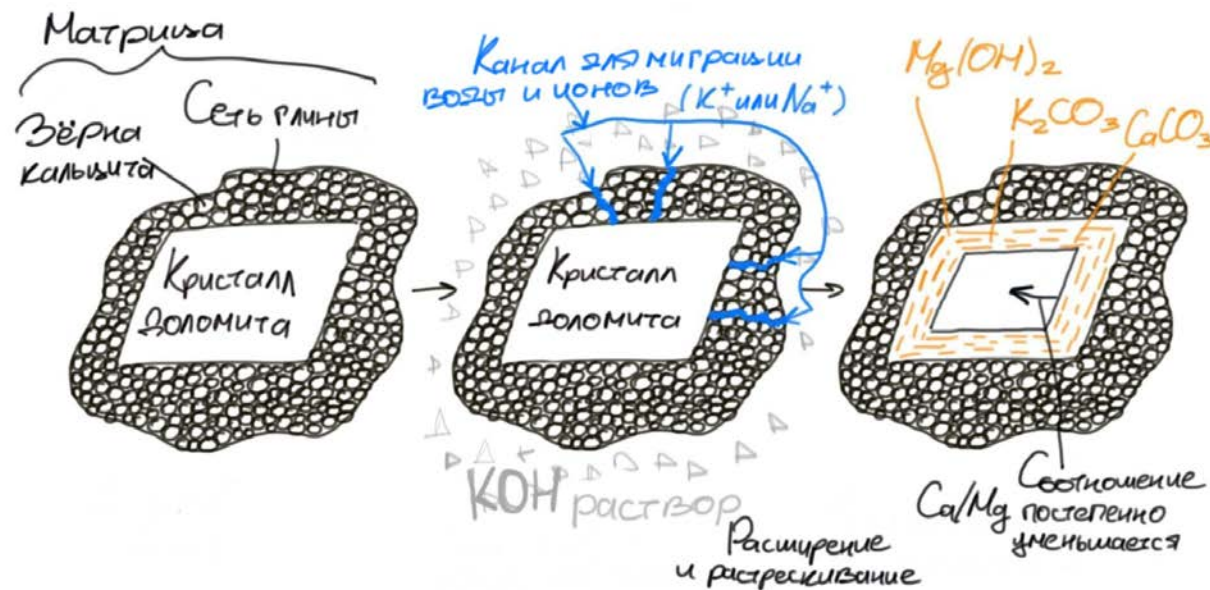
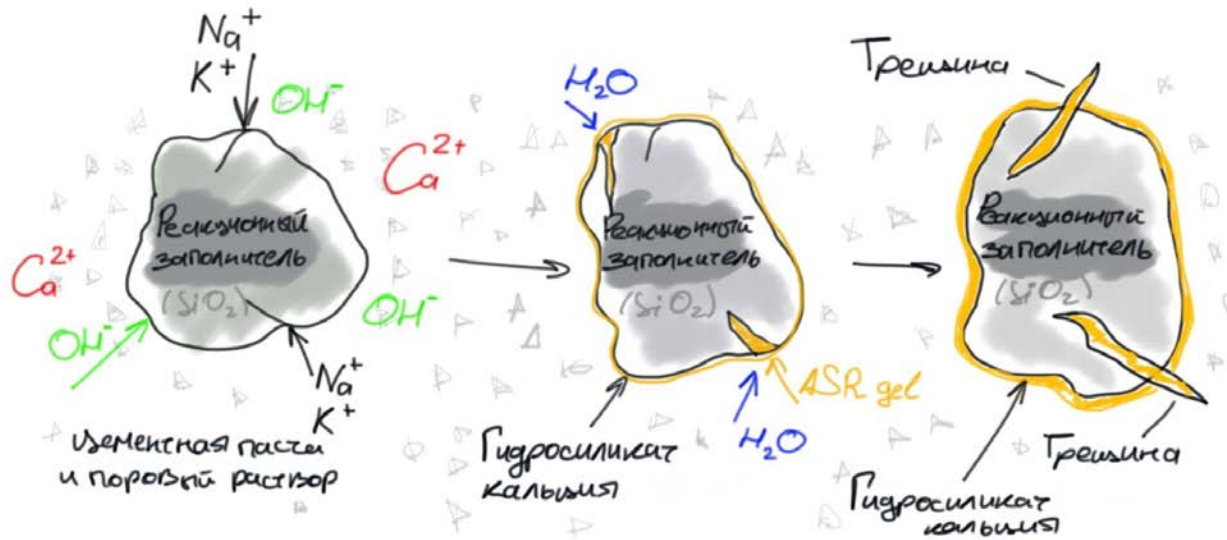
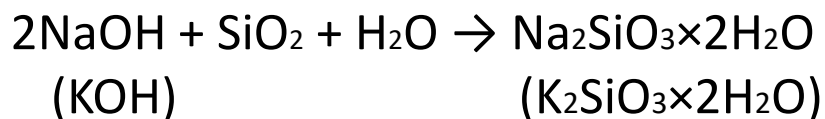
- Высокая стоимость инвестиций в крупномасштабное строительство
- Значительная стоимость ремонта в процессе эксплуатации
- Длительный жизненный цикл
- Повышенные требования устойчивости к экстремальным воздействиям
- Нежелательность перерывов в эксплуатации



Основные виды реакционного взаимодействия заполнителей с щелочами

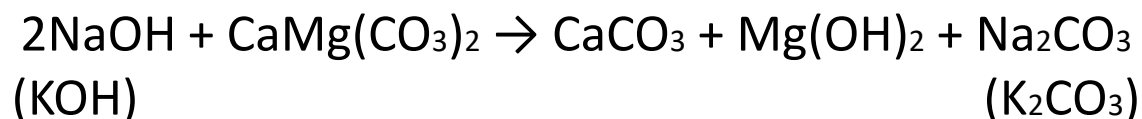
Щелочно-кремнеземистая реакция (ASR)

В общем виде реакция щелочей с аморфным кремнеземом может быть выражена в следующем виде:

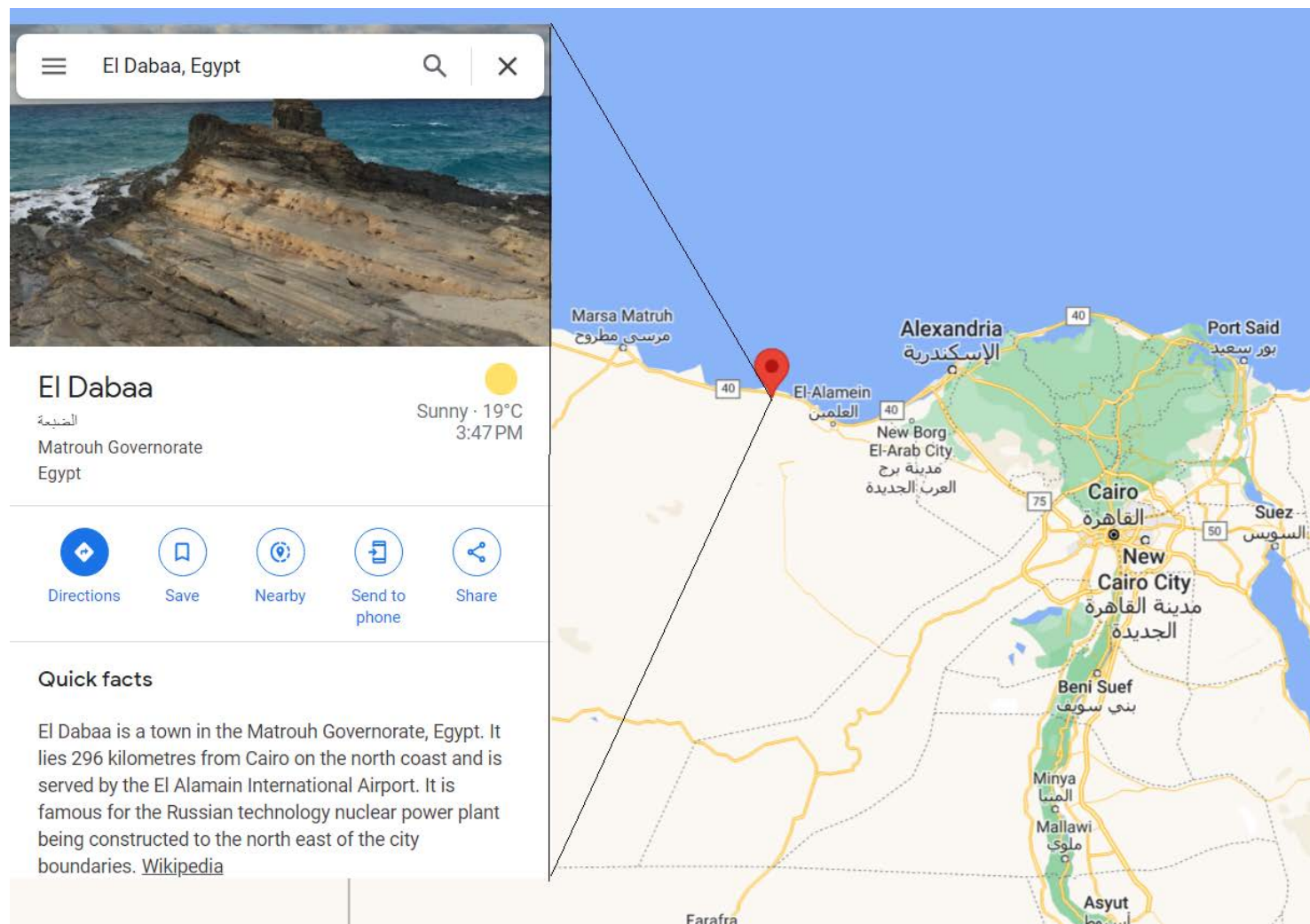


Щелочно-карбонатная реакция (ACR)

Взаимодействие щелочей с карбонатами в составе доломитов (кальцитизация доломитов, раздоломичивание) в общем виде выражается следующей реакцией:



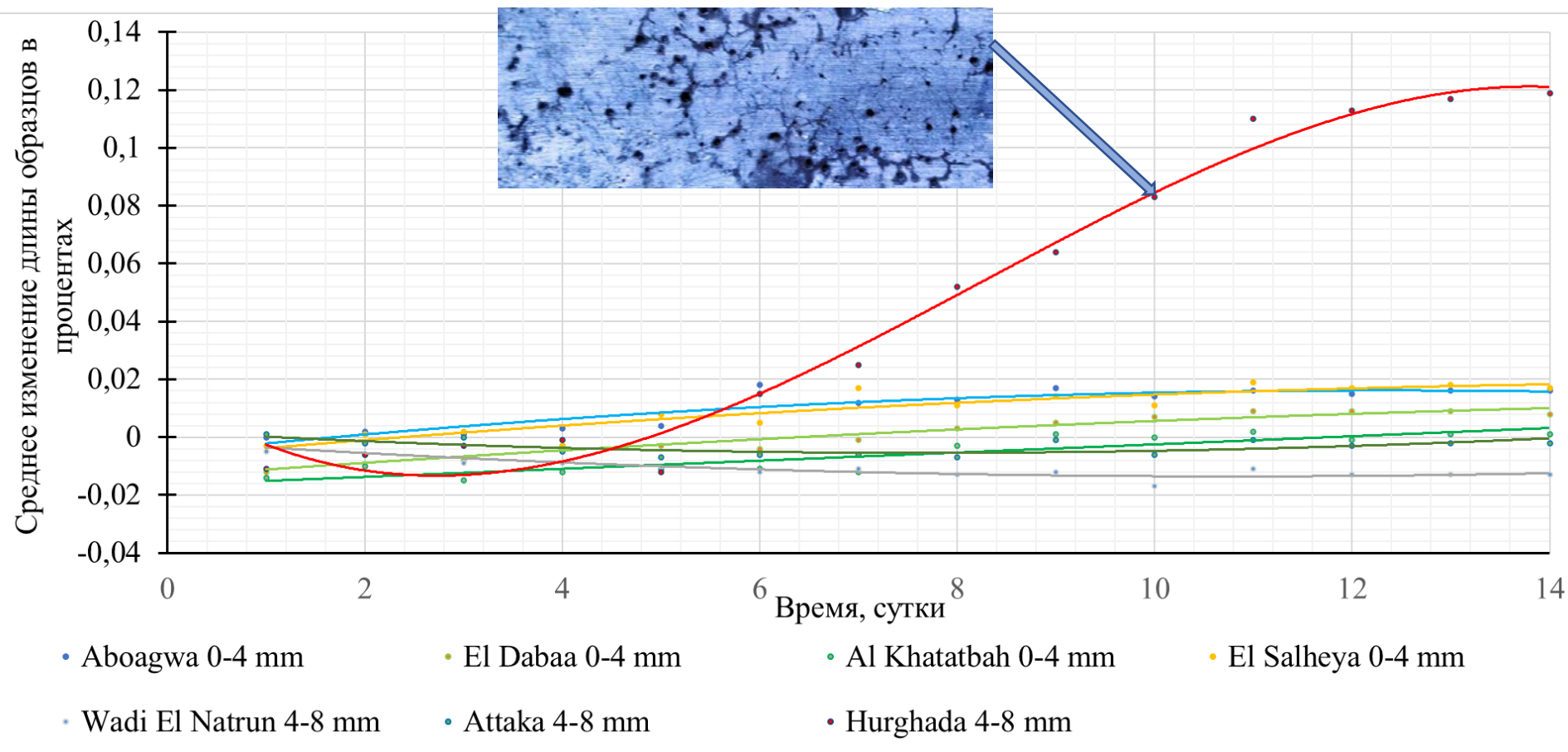
Оценка потенциальной реакционной способности заполнителя как один из первых этапов подбора составов бетонов



В работе оценивались заполнители из горных пород следующих месторождений:

- Abo Agwa;
- El Dabaa;
- Al Khatatbah;
- El Salheya;
- Wadi El Natrun;
- Attaka;
- Hurghada

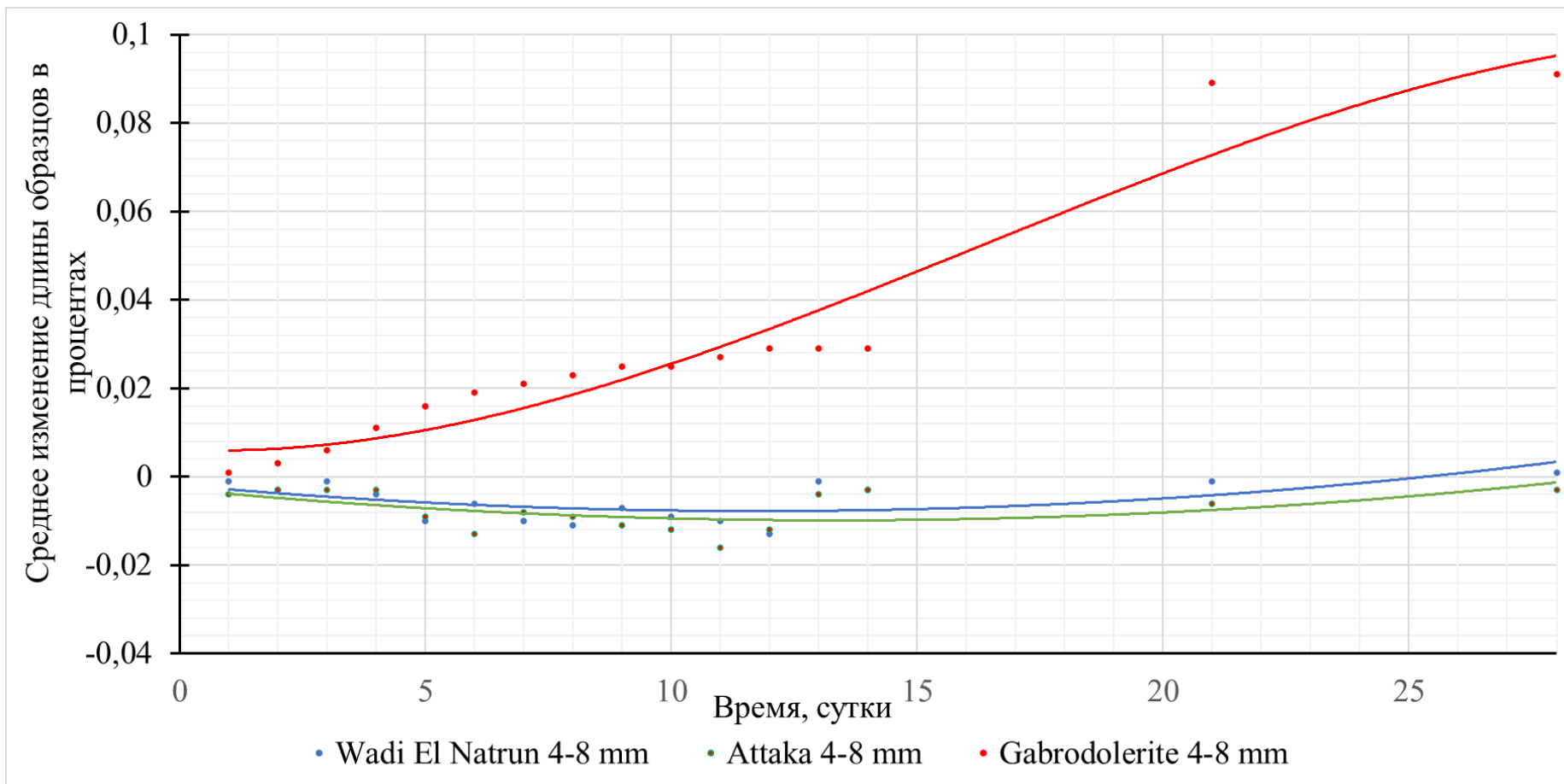
Выявление потенциальной реакционной способности - ускоренное испытание на растворной призме



RILEM AAR-2 установка
для испытаний



Выявление потенциальной реакционной способности - быстрый предварительный скрининговый тест для карбонатных заполнителей



RILEM AAR-5 установка для испытаний



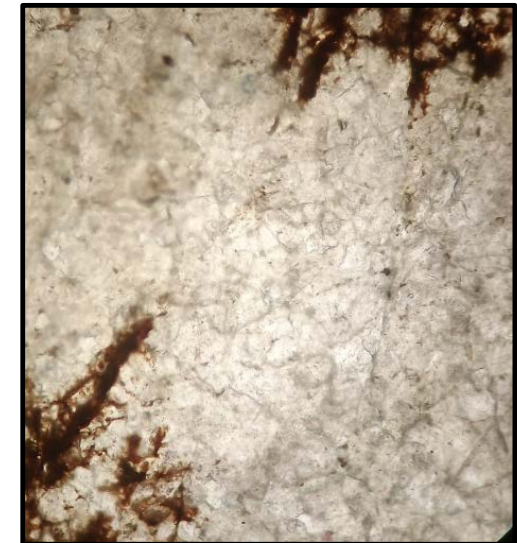
Результаты визуального и петрографического исследования

образцов из карьера Аттака

Петрографический анализ

Идентифицированные минералы	Массовая доля, %	
Мелкозернистый доломит	70,8	Мелкозернистый доломит Текстура: массивная, частично пористая и кавернозная Структура: мелкозернистая, в некоторых местах реликтовая Минеральный состав: доломит 100% Минеральный состав примесей: кварц (масс./масс.), гидроксиды железа (масс./масс.)
Органогенно-детритовый пелитоморфный доломит	25,7	Пелитоморфный органогенно-детритовый доломит Текстура: массивная, сгустковая микротекстура Структура: пелитоморфная, микро- и мелкозернистая, местами реликтовая Минеральный состав: доломит 100% Минеральный состав примесей: гидроксиды железа
Органогенно-детритовая алевроитовая карбонатная порода	3,5	Карбонатная алевроитовая органогенно-детритовая порода Текстура: массивная, местами нечеткая, расслоенная Структура: крупно-мелкодетритовая, обломочная (ил-псаммитовая), пелитоморфная и микрозернистая в основной массе Минеральный состав: кальцит 80-85% Минеральный состав примесей: кварц (10-15%), гидроксиды железа (2-3%), глинистый минерал (1-2%), плагиоклаз (единица), слюда (единица), цоизит (единица), халцедон (единица), амфибол (единица), рудный минерал (единица), глауконит (единица)

#	Минералы	Массовая доля, %
1	Доломит	100
2	Доломит	100
3	Кальцит	80-85
	Кварц	10-15
	Гидроксиды железа	2-3
	Глинистые минералы	1-2



Недостатки ГОСТ 8269.0 в отношении оценки реакционной способности

1. Ограничения понятийного аппарата;
2. Линейный алгоритм оценки;
3. Неудачная методика оценки реакционной способности экспресс-методом, наличие фактических ошибок в текущей редакции стандарта;
4. Отсутствие дифференцированной оценки / классов реакционной способности.



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
8269.0—
97

ЩЕБЕНЬ И ГРАВИЙ ИЗ ПЛОТНЫХ ГОРНЫХ
ПОРОД И ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Методы физико-механических испытаний

Издание официальное

 Москва
Стандартинформ
2018

Необходимость комплексного подхода к обеспечению долговечности бетонов крупных инфраструктурных объектов особой ответственности

- Определение уровня ответственности сооружения
- Оценка предполагаемого срока эксплуатации
- Задание классов эксплуатации
- Определение показателей качества сырьевых материалов, в том числе класса реакционной способности заполнителя
- Формулировка мер по предотвращению риска развития внутренней коррозии
- Подбор составов бетонов с построением зависимостей «показатели качества – состав» и проведением долговременных испытаний



3D model: General view at the El Dabaa NPP © ROSATOM

Классы эксплуатации
ХА 3
ХС 1 – 3
ХС 3

Состав воды

Показатель	Величина
pH	8.13
Окисляемость	1.3 mgO ₂ /l
Сухой остаток	40 160 mg/l
Кальций Ca ²⁺	420 mg/l
Магний Mg ²⁺	1 467 mg/l
Натрий Na ⁺	11 900 mg/l
Калий K ⁺	427 mg/l
Бикарбонаты HCO ₃ ⁻	141.6 mg/l
Карбонаты CO ₃ ²⁻	0.84 mg/l
Сульфаты SO ₄ ²⁻	3 046 mg/l
Хлориды Cl ⁻	21 410 mg/l

Особенности железобетонных конструкций на атомных электростанциях



Особые требования к бетонным смесям и бетону:

- самоуплотняющаяся бетонная смесь
- большой объем мелкозернистых продуктов (цементы и минеральные добавки)
- чрезвычайно низкое В/Ц
- максимальные требования к надежности и долговечности конструкций

Специфический тип развития внутренней коррозии бетона - радиационно-индуцированная ASR

Уже имеется значительное количество свидетельств развития внутренней коррозии в бетоне с кремнеземистыми заполнителями вследствие интенсивного радиационного воздействия

Меры защиты по ГОСТ 31384

- подбор состава бетона при минимальном расходе цемента;
- изготовление бетона на цементах с содержанием щелочей не более 0.6 % в расчете на Na_2O при использовании портландцемента без минеральных добавок по ГОСТ 10178 или портландцемента класса ЦЕМ I по ГОСТ 31108;
- изготовление бетона на портландцементе с минеральными добавками, пуццолановом портландцементе и шлакопортландцементе;
- применение активных минеральных добавок в составе бетона;
- введение добавок солей лития;
- разбавление заполнителя, содержащего примеси реакционно-способных пород, заполнителем, не содержащим указанных примесей;
- обеспечение сухих условий эксплуатации конструкций

Меры защиты по ASTM C1778 и RILEM TC 219-ACS

- ✓ введение классификации заполнителей по реакционной способности в зависимости от результатов определения приращения относительных деформаций на растворных образцах в течение 14 суток или на бетонных образцах в течение 1 года;
- ✓ введение классификации уровней риска развития внутренней коррозии в зависимости от класса заполнителя по реакционной способности и условий эксплуатации (с учетом, прежде всего, влажностного состояния и наличия агрессивного воздействия щелочей);
- ✓ введение классификации сооружений в зависимости от уровня ответственности, ориентировочного срока службы и доступности конструкций для инспекции и ремонта;
- ✓ формулировка требований к суммарному содержанию щелочей в составе бетона в зависимости от необходимого уровня превентивных мер по минимизации рисков развития внутренней коррозии бетона;
- ✓ формулировка рекомендаций по использованию минеральных добавок для минимизации рисков развития внутренней коррозии бетона, при необходимости – с одновременным ограничением суммарного содержания щелочей в составе бетона.

Спасибо за внимание!

Вопросы приветствуются😊

Александр Сурков (aleksandr_surkov@inbox.ru)