

УДК 691.327.3

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫМ МОДИФИКАТОРОМ.

Аманкулова Маншук Бала-Ахметовна

amankulova10@mail.ru

Магистрант ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Сабитов Е.Е.

Введение. Современный уровень развития строительной отрасли требует применения высококачественных строительных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Повышение механических характеристик композитов может быть достигнуто за счет использования различных модификаторов, в том числе и наноструктурированных. Показана возможность использования наноструктурированного модификатора кремнеземной композиции для повышения прочностных характеристик автоклавных материалов за счет оптимизации процессов фазообразования был утвержден ряд работ [1-7].

Целью настоящего исследования является анализ следующих факторов: влияние наноструктурированного модификатора на процесс структурообразования цементного камня.

Использование наноструктурированного модификатора обусловлено необходимостью связывания дополнительного портландита, возникающего из-за гидратации цемента, а также уменьшением доли дополнительного цемента в производстве, что стимулировало бы снижение его себестоимости. При наличии дополнительного содержания реакционно-способного кремнезема в виде наноструктурированного модификатора в системе "цемент-кремнезем" равновесное фазообразование должно смещаться в область с низким соотношением CaO/SiO_2 . Это должно уменьшить основность геля C-S-H(I), из которого могут кристаллизоваться фазы, имеющие наиболее близкую основность.

Экспериментальная программа. Для изучения особенностей превращений минералов в системе "цемент – кремнезем" был подготовлен образец модели с соотношением цемент/модификатор=80/20 (%), твердеющий в нормальных условиях. Модификатор получен путем многоступенчатого длительного измельчения кварцевого песка в водной среде. В результате получается суспензия с влажностью 20 %, удельной поверхностью 830 м² / кг, характеризующаяся полидисперсностью с пиками размеров частиц в диапазоне 5, 15-20, 50-70 мкм, наличием частиц наноразмерного уровня от 10-50 Нм до 10%. Суспензия также продемонстрировала высокую активность по отношению к гидроксиду кальция – количество поглощенного СаО 81 мг/г.

Для количественного измерения минеральных фаз в модифицированном связующем был применен количественный рентгенофазовый анализ на основе полнопрофильного метода Ритвельда. Рентгенограммы образцов были получены на рентгеновской рабочей станции ARL 9900 с использованием радиационной рентгеновской трубки с К α -анодом

(интервал углов дифракции $2\theta = 8-80$, шаг сканирования 0,02, фильтрация β -излучения). Подготовка образцов к анализу осуществлялась традиционным методом измельчения в агатовом растворе в среде этанола.

Рентгенодиагностику проводили с использованием дифракционной базы данных PDF-2 с помощью программы Crystallographica Search Match. Моделирование дифракционных спектров проводилось за счет использования полнопрофильных методов DDM 1.95 с.

Микроструктуру исследовали с помощью сканирующей электронной микроскопии высокого разрешения (SEM) TESCAN MIRA 3 LMU (Польша). Исследование образцов проводилось в условиях высокого вакуума. Образцы разработанных изделий прошли процесс напыления графитовых материалов перед ручной обработкой. После образования свежего расщепления образцы помещали в спиртовой раствор для остановки процессов гидратации с целью фиксации морфологической структуры новообразования, соответствующей определенному периоду затвердевания.

Результаты и обсуждение. Согласно полученным данным, на рентгенограмме не удалось зафиксировать наиболее интенсивное отражение (002) 14о-тоберморита (рис.1). Этот результат связан с особенностями рентгенооптической схемы гониометра рентгеновской рабочей станции WorkStationARL 9900, так как пики этого силикатного гидрата находятся вне рабочего измерения станции. В этом случае рентгенограмма выявила ряд слабых отражений, которые могли принадлежать этому Силикатному гидрату. Сравнительно низкое содержание суолунита можно объяснить вышеперечисленными факторами.

Рентгенодиагностика (качественная рентгенография), проведенная на базе дифракционных данных ПДФ-2, показала, что основными компонентами экспериментального и контрольного образца состава цементного камня (затвердевшего цементного камня) являются клинкерные компоненты (C_3S , C_2S и C_4AF) и портландит. Никаких отражений, идентифицированных как С-S-H, обнаружено не было, вероятно, из-за их криптокристаллического (аморфного) состояния.

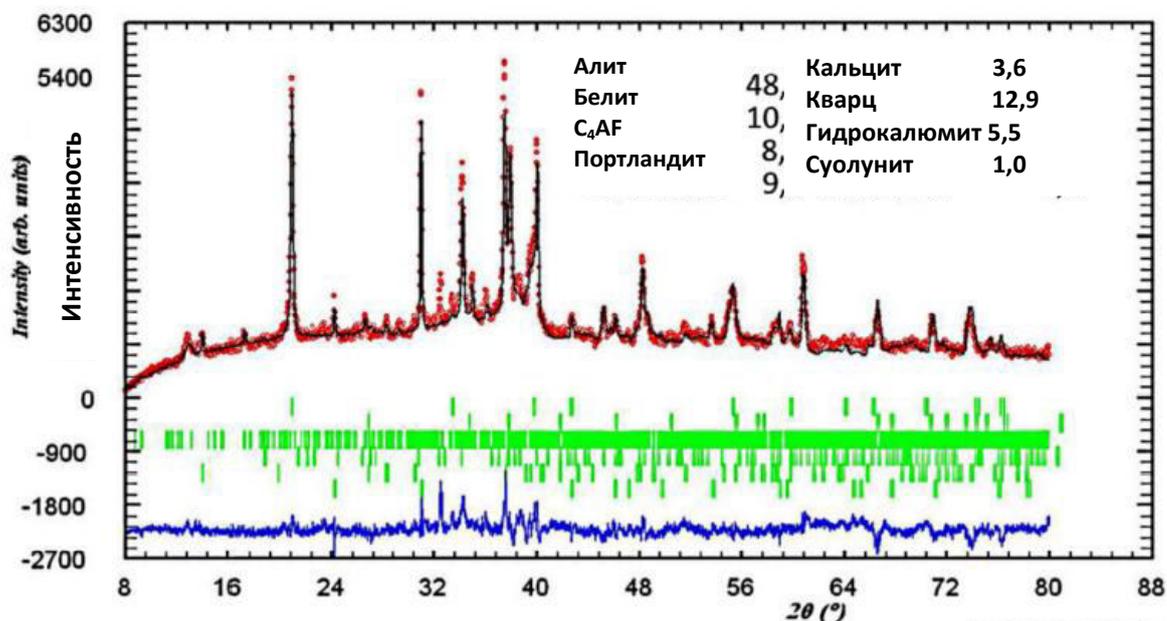


Рис. 1. Рентгенограмма модели в возрасте 7 дней

Для оценки характера процессов гидратации связующей композиции "цемент-наноструктурированный модификатор" нами была проведена полнопрофильная количественная рентгенография указанной связующей композиции и контрольного образца цементного камня через 1, 3, 7, 21 и 28 суток твердения. Проведен анализ полученных данных по изменению концентрации портландита (Рис. 2 а) позволяет сделать вывод, что

определенное количество портландита было связано реакционноспособным коллоидным кремнеземом в составе комплексного связующего.

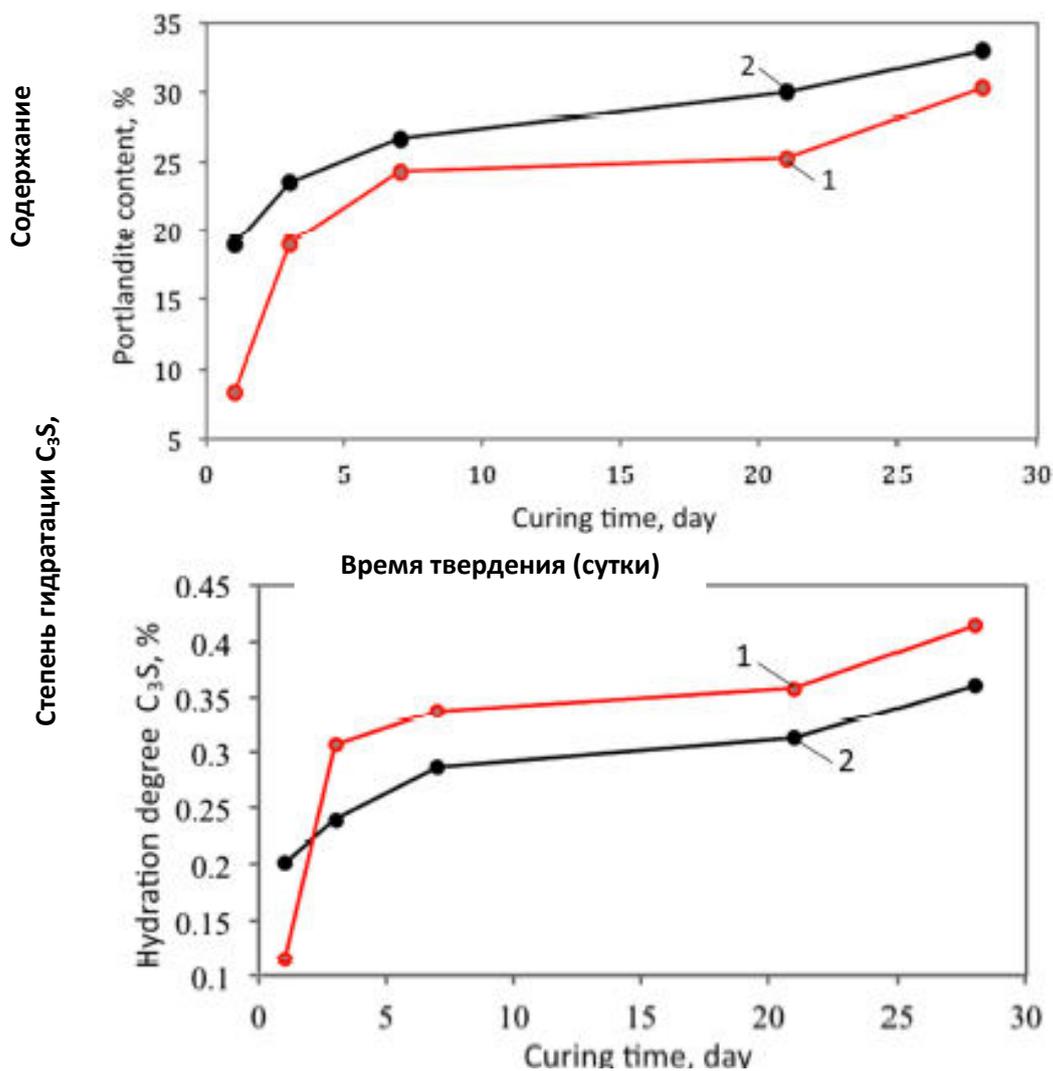
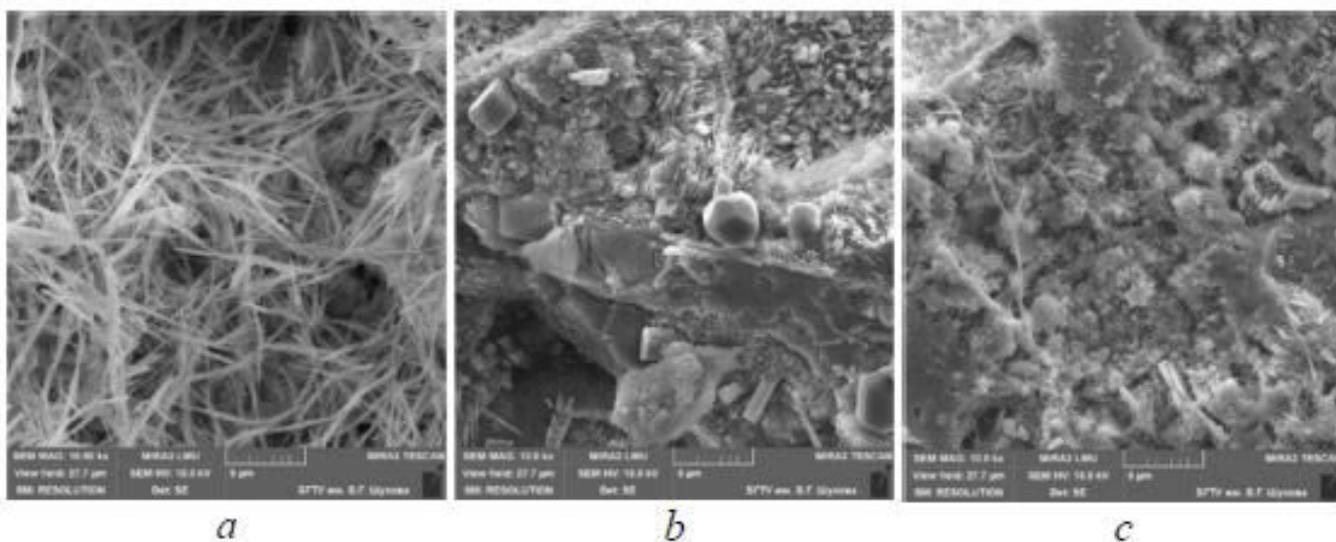
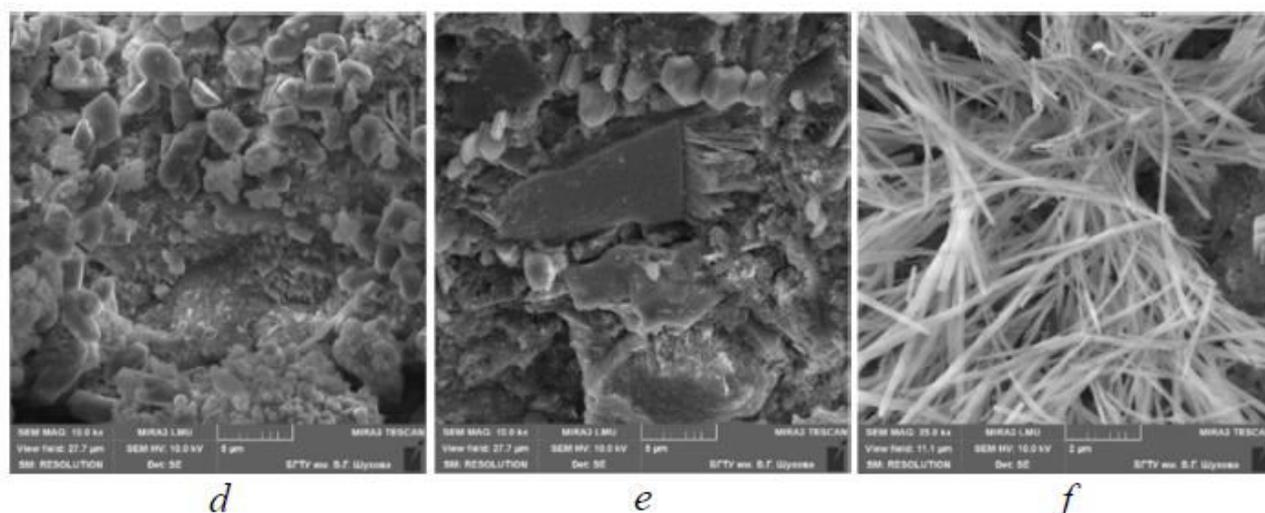


Рис 2. Изменение нор **Время твердения (сутки)** тландита (а) и нормированной степени гидратации C_3S (б) при отверждении композиционного вяжущего (1) и цемента (контрольный образец) (2)

Однако такое соотношение концентраций портландита в отвержденном композиционном вяжущем может иметь место в случае замедления гидратации, в частности трикальциевого силиката, когда в цементную систему включен коллоидный кремнезем – а (слабый) кислотный компонент. Для подтверждения этого факта нами была рассчитана степень гидратации C_3S , определенная на основе количественного рентгенофлуоресцентного анализа-определения концентраций C_3S на различных стадиях твердения композита и контрольных вяжущих, а также определенное количественное рентгенофлуоресцентное содержание C_3S в цементе (Рис. 2 б). По полученным данным можно утверждать, что гидратация композиционного связующего ускоряется за счет связывания части портландита активным веществом наноструктурированного модификатора.



Цемент (контрольный образец)



Композиционное связующее

Рис. 3. Микроструктура связующего при различных сроках твердения: а, d -1 день; b, e- 3 дня; с, f – 7 дней.

Анализ микроструктуры системы "цемент-Нм" (рис.3) показал, что на 1 – е сутки в составе контрольных образцов преобладали нитевидные кристаллы, а в модифицированном цементном камне-ромбоэдрические. К 3-м суткам в модифицированных образцах наблюдались уплощенные табличные новообразования. К 7-м суткам вся масса контрольных образцов состояла из чешуйчатых кластеров, в то время как в модифицированном связующем существовали кластеры новообразованных веществ с типичными морфоструктурами. После 14 дней отверждения картина довольно заметно изменилась для образцов обоих соединений: отсутствовали как нитевидные, так и призматические новообразования.

Заключение. Изучен механизм влияния модификатора наноструктурированного силикатного состава на фазо-и структурообразование цементного камня, что иллюстрирует тот факт, что полидисперсный состав модификатора с присутствием высокоактивного коллоидного компонента, с одной стороны, действует как активный пуццолановый компонент, а с другой – как субмикронный наполнитель.

На основании полнопрофильных расчетов дифракционных данных можно сделать вывод, что, по сравнению с контрольным образцом, снижение интенсивности отражений

портландита на более поздних стадиях твердения экспериментального состава было связано с силификацией геля C-S-H(I) в цементном камне активным коллоидным кремнеземом, что приводит к образованию на его основе кристаллического гидрата силиката кальция – суолунита и изменению морфологической структуры геля C-S-H(I) с изменением формы волокон на малых масштабах.

Микроструктурные исследования вкупе с данными рентгеноструктурной дифракции позволяют утверждать, что силикатный наноструктурированный модификатор в составе цемента однозначно влияет на изменение общей картины (кинетики) фазообразования, также оказывая определенное влияние на рекрутационную прочность модифицированного цементного камня.

Список использованных источников

1. Череватова А. В., Жерновский И. В., Нелюбова В. В. Оценка фазовой и размерной неоднородности кварцевого компонента сырья и промышленной керамики. Том. 51, 4 (2010), с. 310-311.
2. Строкова В. В., Череватова А. В., Павленко Н.В., Нелюбова В. В. перспективы применения нулевых цементных вяжущих негидратационного твердения. Всемирный Журнал Прикладных Наук. 2013 год. 25(1). С. 119-123.
3. Нелюбова В. В. повышение эффективности производства силикатных автоклавных материалов с использованием нанодисперсного модификатора, строительные материалы, 9 (2008), с. 2-5
4. Нелюбова В. В., Строкова В. В., Алтынник Н.И., Подгорный И. И. влияние умягчителя на реотехнологические свойства наноструктурированного модификатора. Передовые исследования материалов. 2014 год. 941. С. 454-457.
5. Нелюбова В., Строкова В., Череватова А., Алтынник Н., Соболев К. автоклавные композиты с добавкой наноструктурированного кремнезема. Журнал Общества американской музыки. 2014 год. 1611 год.
6. Фомина Е. В., Строкова В. В., Кожухова М. И. влияние предварительно гашеной извести на свойства автоклавных композиционных вяжущих. Всемирный Журнал Прикладных Наук. 2013 год. 24 (11). С. 1519-1524.
7. В. Нелюбова, Н.Павленко, Д. Нецвет, ячеистые композиты естественного и автоклавного твердения с применением наноструктурированного связующего. Материалы 2-й Международной конференции по инновационным материалам, конструкциям и технологиям/ IOP Conf. Серия: Материаловедение и инженерия 96 (2015) 012010.
8. Рупасингхе М., Николас Р. С., Мендис П., Софи м. Анализ пуццолановой реакционной способности нанокремнезема в цементной пасте. 23-я австралийская конференция по механике конструкций и материалов (ACMSM23). Байрон-Бей, Австралия, 9-12 Декабря 2014 Года. С. 131-136.