

КАЗАХСКАЯ ГОЛОВНАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ  
АКАДЕМИЯ

дисциплина»Технология бетона-1»

ЛЕКЦИЯ 3 **Бетонная смесь**

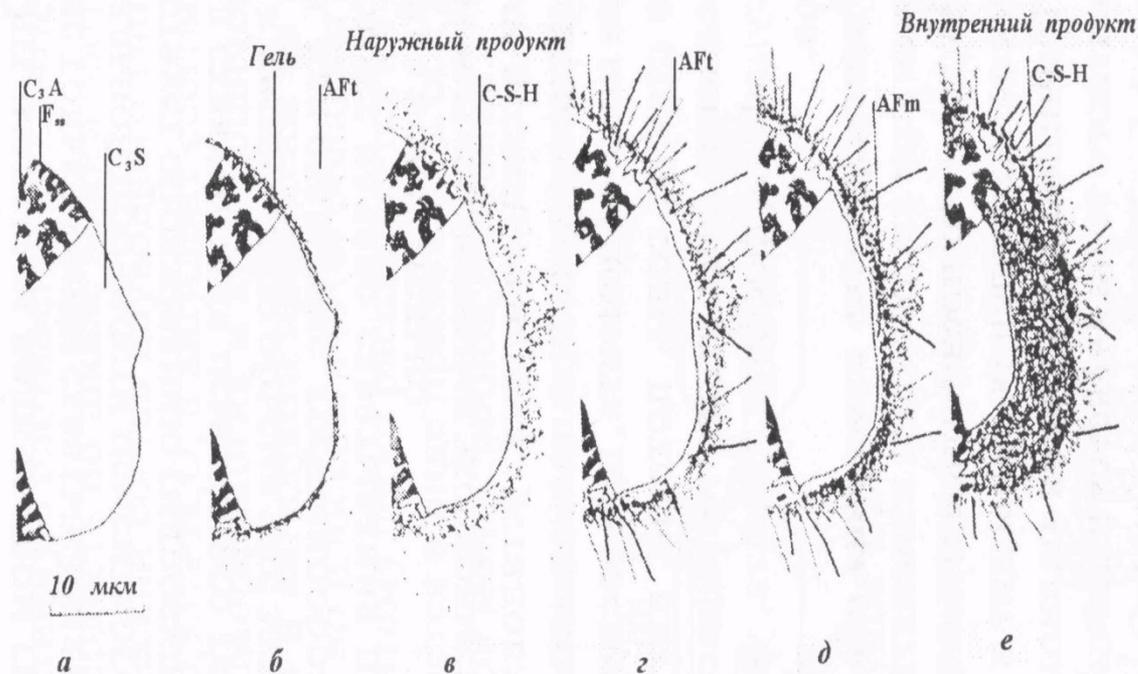
Акад.проф.Колесникова И.В.

## Структурные составляющие бетонной смеси

*Основной структурообразующий компонент бетонной смеси -*  
**цементное тесто:**

- **частицы цемента**
  - **новообразования (продукты гидратации цемента)**
  - **вода в различных состояниях**
- **в химически связанном состоянии** (к моменту схватывания цемента около 5%)
  - **физико-химически связанной на поверхности твердой фазы** (свежеприготовленном цементном тесте ее содержание составляет 3-5%, а к моменту схватывания доходит до 25% общего содержания воды)
  - **свободной воды** (составляет около 95% общего объема воды сразу после приготовления цементного теста и уменьшается до 65-70% к моменту схватывания)

## Развитие микроструктуры при гидратации портландцемента по Скривенеру и Тейлору [31]



а: До начала гидратации. Участок полиминерального зерна (промежуточная фаза показана в несколько увеличенном масштабе). б: 10 мин. Часть  $C_3A$  и/или ферритной фазы реагирует с сульфатом кальция в растворе. На поверхности образуется аморфный алюминат, содержащий гель, а по краям геля и в растворе начинают зарождаться стержневидные кристаллы AFt-фазы. в: 10 ч. Гидратация  $C_3S$  с образованием "внешнего" продукта  $C-S-H$  на сетке стержневидных кристаллов AFt. Между поверхностью зерна и гидратной оболочкой остается зазор  $\sim 1$  мкм. г: 18 ч. Вторичная гидратация  $C_3A$  (и/или ферритной фазы) с образованием длинных стержней AFt. Внутри оболочки продолжающегося гидратироваться  $C_3S$  начинает образовываться "внутренний" продукт  $C-S-H$ . д: 1-3 суток.  $C_3A$  реагирует с AFt внутри оболочки, образуя гексагональные пластинки AFm-фазы. Продолжающееся образование "внутреннего" продукта уменьшает разделение негидратированного зерна и гидратированной оболочки. е: 14 суток. Образовалось достаточное количество "внутреннего" продукта  $C-S-H$ , чтобы заполнить пространство между зерном и оболочкой. "Внешний"  $C-S-H$  становится нитевидным.

## Модель структуры цементного теста

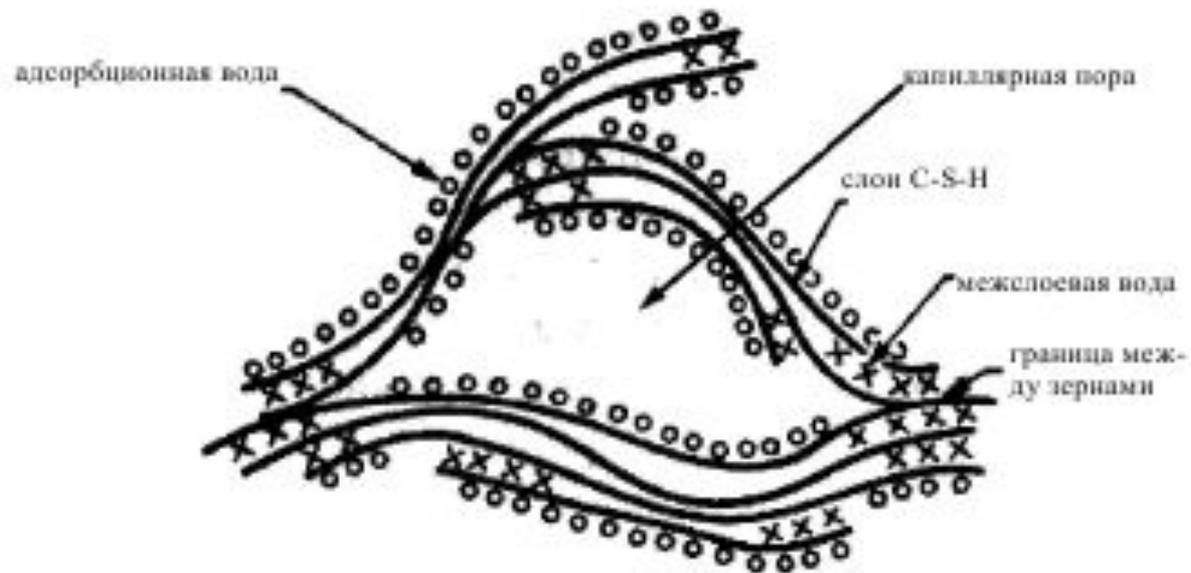
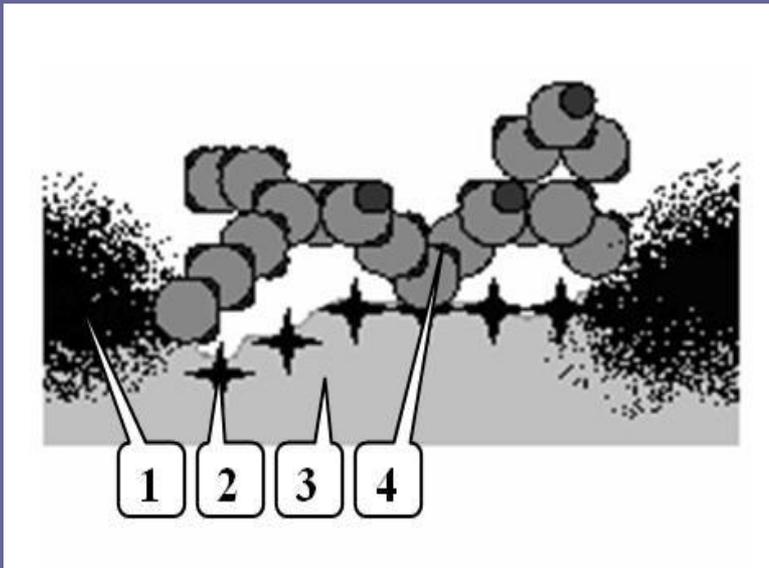
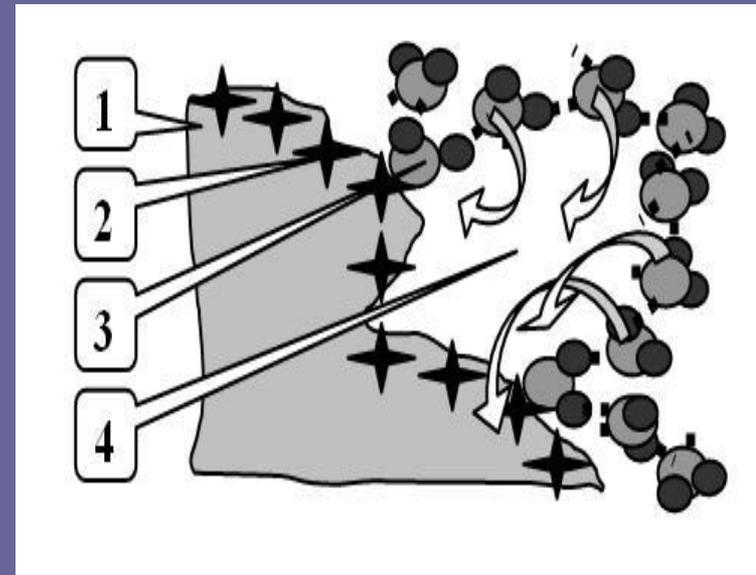


Рисунок 20 – Слойчатая модель структуры C-S-H цементного теста

- Поверхности твердых тел, обладающие некомпенсированными молекулярными силами, притягивают молекулы воды
- Молекулы воды, обладая значительным дипольным моментом, в зоне действия силовых полей твердого тела ориентируются и уплотняются. (адсорбируются)
- Адсорбированная вода становится неподвижной и приобретает некоторые свойства твердого тела - упругость, прочность на сжатие, пониженную точку замерзания.



- С удалением от твердой поверхности вследствие полярности молекул воды и уменьшения действия молекулярных сил образуются ориентированные цепочки в несколько десятков или сотен молекул, уходящие в глубину жидкой фазы.
- Толщина слоя ориентированной воды - сотые или десятые доли микрометра (обычно менее 0,15 мкм).
- Силы связывания и изменение свойств воды в диффузионном слое резко падают при переходе от мономолекулярного к полимолекулярным слоям воды.



## **Взаимодействие между твердыми частицами бетонной смеси.**

*Взаимодействие между твердыми частицами происходит только в жидкой среде:*

**Силы взаимодействия между твердыми частицами бетонной смеси имеют разную физическую природу и зависят от**

- **размеров частиц**
- **от объема жидкой фазы, ее природы, наличия в ней ионов других веществ, величины поверхностного натяжения.**

**Силы, действующие между твердыми частицами в бетонной смеси**

Размер частиц, мм		Эффект взаимодействия	
		притяжения	отталкивание
40 – 1	Механические	-	-
1 -0,1	Капиллярные	+	-
0,1-2·10 <sup>-4</sup>	Флокуляции	++	-
2·10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-6</sup>	Коллоидные	-	+

## **Капиллярные силы. Возникают между частицами до 1 ...0,1 мм**

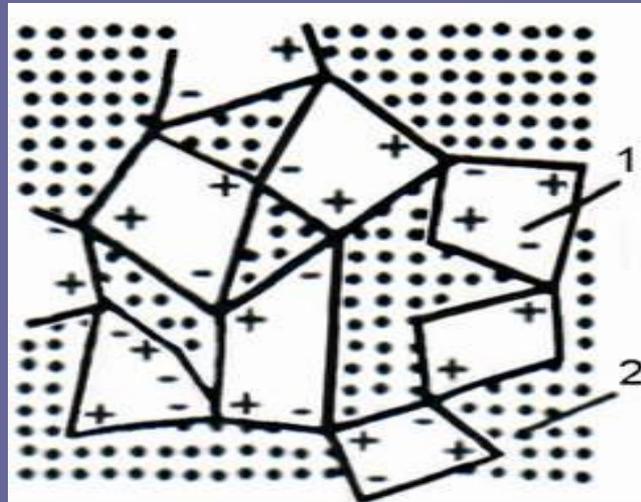
- Действуют при отсутствии лишнего количества воды, в местах контакта твердых частиц, в то время как поры между частицами заполнены воздухом.
- Действие сил поверхностного натяжения в образующихся водных менисках обеспечивает сцепление между частицами. Смесь имеет, как правило, жесткую консистенцию.
- Смесь приобретает связанность

## **Силы поверхностного взаимодействия – флокуляционные. Проявляются между частицами размером 0,1-2·10<sup>-4</sup> мм**

- Электрические заряды, возникающие на поверхности кристаллических материалов (цемент, тонкодисперсные добавки и др.) способствуют образованию флокул вследствие притяжения положительных и отрицательных зарядов
- Вода в флокулах неподвижная, объем пор в флокулах значителен.
- Гравитационные силы из-за малых размеров частиц проявляются незначительно.
- Смесь обладает высокой связанностью, но требует повышенного расхода воды. Подвижность смеси невелика

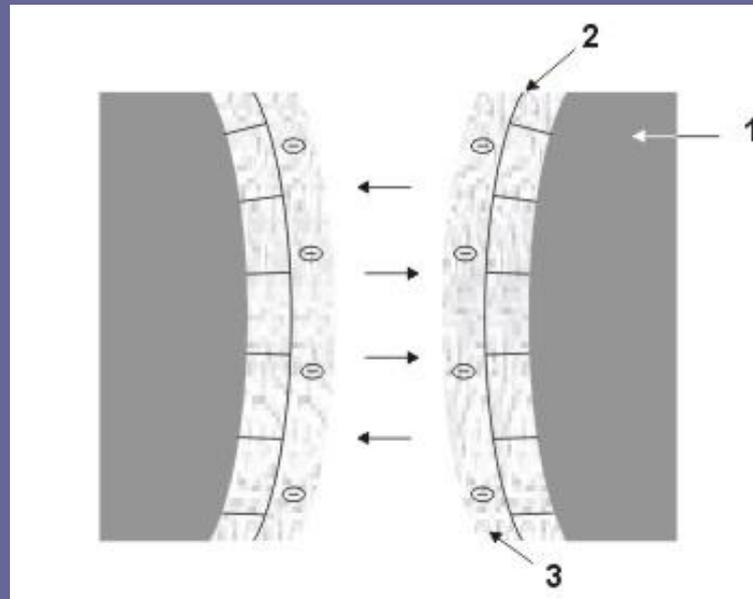
**Коллоидные силы. Возникают между частицами коллоидных размеров ( $2 \cdot 10^{-4}$ - $10^{-6}$ ),**

взаимодействующих через возникающую на их поверхности сольватную оболочку, состоящую из воды, адсорбционно связанной на поверхности частиц цемента, образуют флоккулы.



*Образующиеся на поверхности коллоидных частиц полутвердые водные оболочки выполняют двойную функцию:*

- придают цементной суспензии связанность и известную устойчивость, т. е. способность в определенной мере сопротивляться деформациям, возникающим под действием внешних сил, не нарушая своей монолитности и не утрачивая формы
- обладают как бы смазочными свойствами, облегчая скольжение твердых частиц одна по другой за счет действия отталкивающих сил и образования ориентированными молекулами воды плоскостей скольжения по местам более слабых водородных связей.



## Электрокинетический $\xi$ - потенциал

- оказывает большое влияние на устойчивость коллоидных систем
- зависит:
  - от природы твердого материала
  - свойств жидкости- затворителя
- возникновение  $\xi$ - потенциала вызывает отталкивание частиц друг от друга, придавая системе большую подвижность:
  - чем меньше частицы и больше заряд, тем больше подвижность смеси, но при этом водопотребность смеси возрастает
  - при меньшем количестве затворителя частицы цемента непосредственно или через сольватные оболочки притягиваются друг к другу, вследствие чего может возникать флокуляция (коагуляция) – образование флокул с заземленной водой. Флокуляция вызывает переход массы из жидкой фазы в гелеобразную, что приводит к снижению подвижности смеси. Она может быть уменьшена за счет увеличения содержания жидкости и применения специальных добавок.

## Заполнитель.

Поверхность заполнителя оказывает воздействие на прилегающие слои цементного теста. Они теряют подвижность за счет адсорбционных, молекулярных и капиллярных сил

Толщина зоны воздействия составляет 10...15 мкм и зависит от содержания заполнителя и его удельной поверхности.



## **Взаимодействие структурных составляющих бетонной смеси при приложении к бетонной смеси внешних сил**

- При приложении к бетонной смеси внешних сил в процесс приготовления, укладки, уплотнения происходят взаимное перемещение отдельных объемов и частиц. Это обуславливает разрушение флоккул и как следствие, снижает связанность, повышает подвижность.
- После прекращения действия сил связанность возрастает. Это свойство называют *тиксотропией*
- Под влиянием сдвигающих напряжений на микро- и макроуровнях в бетонной смеси происходят перемещения по плоскостям скольжения. В этот момент в этих плоскостях увеличивается пористость и объем жидкой фазы, что приводит к ослаблению структуры бетонной смеси и бетона в последствии.

Пористость бетона по происхождению:

- A) рецептурная и контракционная
- B) флокуляционная
- C) технологическая
- D) эксплуатационная
- E) коагуляционная
- F) обусловленная объемным расширением в процессе твердения
- G) вибрационная
- H) обусловленная термическим расширением при тепловой обработке

Предотвращение или замедление седиментации непластичной бетонной смеси обеспечивается :

- A) посредством увеличения содержания заполнителя
- B) с учетом максимального размера зерен крупного заполнителя
- C) оптимизацией соотношения песка и цемента
- D) оптимизацией содержания щебня путем недопущения избытка щебня
- E) с учетом водоудержания цементов и водопотребности заполнителя
- F) посредством увеличения содержания вяжущего
- G) с учетом зернового состава мелкого заполнителя
- H) увеличением расхода воды