

Казахская головная архитектурно-строительная академия

**Дисциплина «Технология бетона -11»**

**Лекция 5**

**Регулирование свойств бетонной смеси и бетона  
добавками**

**Акад.проф.Колесникова И.В.**

---

Механизмы действия добавок (В.Б. Ратинов и Т. И. Розенберг)

## **1 класс**

### **Механизм действия:**

*Добавки- электролиты, содержащие одноименные с вяжущими ионы,* изменяют растворимость исходного вяжущего и конечных продуктов его гидратации вследствие изменения ионной силы раствора. Это приводит к изменению растворимости:

увеличивается или уменьшается пересыщение в растворе.

Изменения пересыщения в растворе влияют на скорость гидратации и твердения вяжущих.

*При повышении концентрации добавок до определенного предела их эффект несколько возрастает.*

*Добавки-электролиты, не содержащие одноименного с вяжущим иона* (хлориды натрия и калия, нитрит натрия и др.),

*при малых концентрациях повышают пересыщение и ускоряют твердение, а при больших возможен противоположный эффект.*

*Добавки-не электролиты, не взаимодействующие с цементом и продуктами его гидратации* (например, спирты), обычно понижают растворимость

---

## 2 класс

По механизму действия - это

*Электролиты, которые могут химически взаимодействовать с минералами портландцементного клинкера или продуктами их гидратации, различают:*

- участвующие в реакциях присоединения
- участвующие в обменных реакциях

### Участвующие в реакциях присоединения

- Соли (например, ускорители твердения хлорид и нитрат кальция) в результате химического взаимодействия:
  - с трехкальциевым алюминатом образуют двойные соединения
  - с гидроксидом кальция образуют гидроксисоли

### *Эффекты действия:*

- Замедление процессов гидратации и твердения : молекулярный объем двойных солей больше молекулярного объема минералов вяжущего, что при определенных условиях приводит к формированию на его зернах экранирующих слоев.
- Ускорение твердения в результате изменения растворимости и степени пересыщения силикатных фаз. Эффект ускорения превалирует над эффектом замедления
- Повышение прочности бетона: при повышенной дозировке добавок образуются заметные количества игольчатых кристаллов двойных солей, уплотняющих и микроармирующих цементный камень.

## Участвующие в обменных реакциях

- Соли сильного основания и сильной или слабой кислоты :NaCl, NaNO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COONa и др.

- *Эффекты действия:*

вливают на кинетику твердения алита и белита:

- через изменение ионной силы раствора

- вследствие снижения в поровой жидкости концентрации ионов кальция, выделяющихся при гидратации силикатных фаз цемента.

После затворения сухой смеси раствором добавки начинается выкристаллизовывание кристаллогидратов, образующих гель, который захватывает в свои ячейки большое количество жидкой фазы и, вследствие этого, вызывает быстрое схватывание и последующее интенсивное упрочнение бетона.

## **3 класс**

*Добавки третьего класса - центры кристаллизации или т.н. кристаллические затравки - облегчают выделение при гидратации цемента новых фаз из пересыщенных растворов.*

К ним относятся, например, гидросульфоалюминат кальция, сульфатсодержащие твердые вещества типа «крентов» и др

- *Эффекты действия:* ускоряют твердение цемента и повышают его прочность, благодаря более быстрой гидратации силикатных фаз и, в основном, алита.

## 4 класс

*Поверхностно-активные вещества (ПАВ). Органические ПАВ различают на:*

- *ионогенные - диссоциируют в воде и водных растворах на поверхностно-активный ион и углеводородную часть молекулы*
- *неионогенные – не диссоциируют в воде*
- *гидрофилизирующие*
- *гидрофобизирующие*

### Гидрофилизирующие

анионоактивные ПАВ: лигносульфонаты, гидроксикарбоновые кислоты и их соли, углеводы и их производные, а также синтетические вещества-суперпластификаторы, получаемые конденсацией с формальдегидом нафталин- или меламина-сульфо-кислоты, продукты на основе поликарбоксилата и др..

*Водорастворимы и их можно вводить с водой затворения.*

***Эффект действия:***

- **пластифицирующий** - улучшают смачивание цементного теста и бетонных смесей водой
- влияние на морфологию гидратных фаз (эффект адсорбционного модифицирования структуры).
- изменяющий скорость процессов структурообразования
- **эффект замедления** процессов гидратации и твердения
- **при введении суперпластификаторов эффект замедления перекрывается эффектом ускорения** за счет увеличения действующей поверхности цемента в результате дезагрегации флокул

## *Механизм действия*

**В результате адсорбции ПАВ преимущественно на гидратных новообразованиях:**

- **уменьшается межфазовая энергия и облегчается дезагрегация (дефлокуляция) частиц. При этом высвобождается большая часть воды, иммобилизованной флокулами гидратируемых частиц, что и обуславливает пластифицирующий эффект.**
  - **адсорбционные слои ПАВ сглаживают микрорельеф частиц, уменьшая коэффициент трения между ними**
  - **вызывается возникновение на частицах твердой фазы электрического потенциала ( $\zeta$  - потенциала), который приводит к отталкиванию частиц и предотвращает их коагуляцию**
  - **экранируя возникновение зародышей кристаллизации, добавки ПАВ способствуют увеличению пересыщения в твердеющем цементном тесте и формированию более дисперсных структур (эффект адсорбционного модифицирования структуры).**
-

## Эффективность действия ПАВ-пластификаторов зависит от:

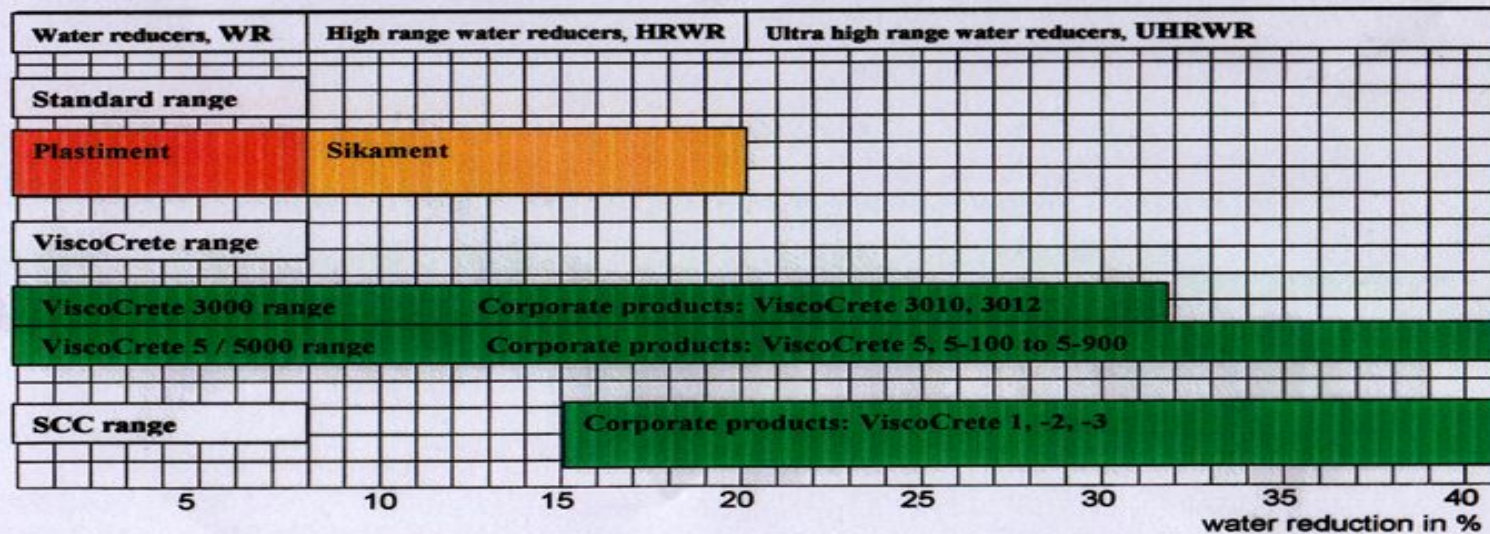
- от вида
    - в механизме действия суперпластификаторов нафталино- и меламиноформальдегидного действия, модифицированных лигносульфатов преобладает эффект электростатического отталкивания частиц цемента, обусловленный  $\zeta$  - потенциалом на поверхности частиц
    - в механизме действия добавок типа поликарбоксилатных суперпластификаторов взаимное отталкивание частиц цемента и пластифицирующий эффект обусловлены в большой мере т.н. *стерическим эффектом*, вызванным формами цепей макромолекул и характером зарядов на поверхности зерен цемента и гидратов.
  - адсорбционной способности ПАВ
  - минералогического состава цемента
-

# ПЛАСТИФИКАТОРЫ И СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ :

Это свыше 80% всех добавок

- ПЛАСТИФИКАТОРЫ (лигносульфонаты, уменьшение воды затворения на 5-6%)
- СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ (нафталиновые, меламиновые и смешанные, уменьшение воды на 20%)
- УЛЬТРА-СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ - гиперпластификаторы

## ViscoCrete technology: Positioning of products





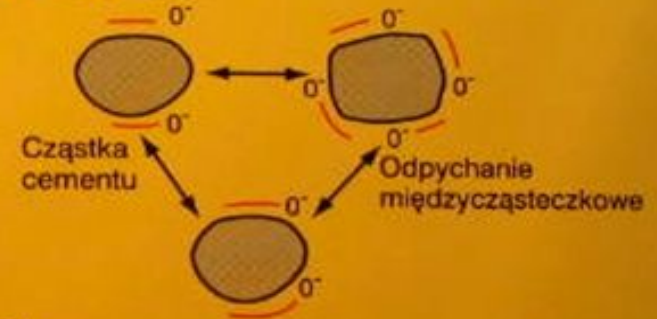
Пластификаторы: для смесей с ок 7-8 см



**1930**



Lignosulfoniany  
Plastiment® BV 40



**1940**



Glukoniiany  
Plastiment® VZ



Grudka cząsteczek cementu



Uwolniona woda

## 1. Пластификаторы

Короткие молекулы, разбивают агломераты зерен цемента, требуют значительного количества воды затворения

**1970**

Sulfonowane związki naftalenowe  
**Sikament® NN**



**1980**

Sulfonowane związki melaminowe  
**Sikament® FF**



## 2. Суперпластификаторы

Длинные цепи, двойной ионовый слой,  
уменьшение сил трения, требуют небольшого  
количества воды затворения

## 2. Суперпластификаторы Sikament

Требуют осадки конуса без добавок

4 -6 см



### 3. Ультра-суперпластификаторы

#### Sika ViscoCrete

**Самое хорошее действие для осадки  
конуса без добавок 0 – 2 см**



1990



Kopolimery winylowe  
Sikament® 92



2000



Modyfikowane polikarboksylany  
Sika ViscoCrete®



### 3. Ультра-суперпластификаторы

Полимолекулы пространственные, стерический эффект + электростатическая сепарация, требуют малое количество воды затворения

## Виды суперпластификаторов:

1. Сульфированные меламиноформальдегидные смолы и комплексные добавки на их основе.
  2. Продукты конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида и комплексные добавки на их основе.
  3. Модифицированные лигносульфаты (не содержащие сахаров).
  4. Добавки на основе поликарбаксилатов.
-

# Суперпластификаторы

| Группа | Наименование                            | Страна-изготовитель                            |
|--------|---|--|
| 1      | 10-03<br>НИЛ-10<br>Мельмент<br>Компласт | Россия<br>Россия<br>ФРГ, США<br>Великобритания |
| 2      | С-3<br>40-03<br>Майти                   | Россия<br>Россия<br>Япония                     |
| 3      | Позолиш 300 N<br>ХДС                    | Япония, США, ЮАР<br>Украина                    |
| 4      | Пластамент BV40                         | Великобритания, Франция                        |



## Гидрофобизирующие ПАВ

**Особенности строения:** в отличие от гидрофилизирующих ПАВ *характерна резкая асимметрия молекул.*

**Механизм действия:** гидрофобизирующие ПАВ адсорбируясь образуют своеобразный «частокол», уменьшающий смачивание цемента водой.

В результате хемосорбции на поверхности твердой фазы прочно фиксируются углеводородные радикалы, что обуславливает *гидрофобные свойства как цементу при введении в процессе его помола, так и бетону при его пропитке или введении с водой затворения.*

## Минеральные добавки

### Эффекты действия:

- повышается степень гидратации цемента, что при условии предотвращения увеличения водопотребности и соответственно пористости бетона приводит к увеличению его прочности
- обуславливается изменение свойств цементного камня и бетона: повышение водостойкости, сульфатостойкости и др.

### Механизм действия:

При введении в цементные системы минеральных добавок идут как химические, так и физико-химические процессы их взаимодействия с цементом и продуктами его гидратации:

- процессы взаимодействия материалов, обладающих пуццолановой активностью, с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , выделяющимся при гидролизе алита и в меньшей мере других клинкерных минералов. При этом образуются в основном гидросиликаты  $\text{CSH}(1)$  с низкой степенью закристаллизованности и с переменным составом, характерным для тоберморита
- При соответствующем химическом составе минеральных добавок ( пуццолан ) возможно образование гидроалюминатов, гидросульфоалюминатов и гидроалюмосиликатов
- некоторые активные минеральные добавки, например, молотые доменные и металлургические шлаки способны к самостоятельному твердению при активизации с известью.

## ***Активность пуццолановых добавок зависит от:***

- **химико-минералогического состава и структуры (*стеклообразные и аморфизированные компоненты добавок, содержащие активные  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$* )**
  - **тонкости измельчения**
  - **температурно-влажностных условий твердения**
  - **степень гидравлической активности шлаков характеризуют: модуль основности  $M_o$  ( $M_o = \text{CaO} + \text{MgO} / \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ); модуль активности  $M_a$  ( $M_a = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ ).**
-

## Микронаполнители

---

**Микронаполнители** - тонкомолотые, практически не растворимые в воде неорганические вещества, состоящие из частиц размером менее 150 мкм

### **Механизм действия**

Служат центрами кристаллизации для образования зародышей кристаллов (в соответствии с учением Гиббса-Фольмера энергия образования зародышей кристаллов значительно уменьшается при наличии центров кристаллизации)

### **Эффекты действия**

- образуется мелкозернистая структура связующего, улучшающая технические свойства цементного камня
  - возрастают скорость твердения и прочность системы «цемент-вода» ( до тех пор, пока все его зерна остаются окруженными продуктами гидратации)
-

**Активация наполнителей** осуществляется за счет *создания оптимального рельефа его поверхности*

Увеличение шероховатости наполнителя не только способствует механическому заклиниванию связующего, но и повышает таким образом площадь поверхности контакта. Увеличение адгезионной прочности в этом случае идет за счет улучшения условий смачивания.

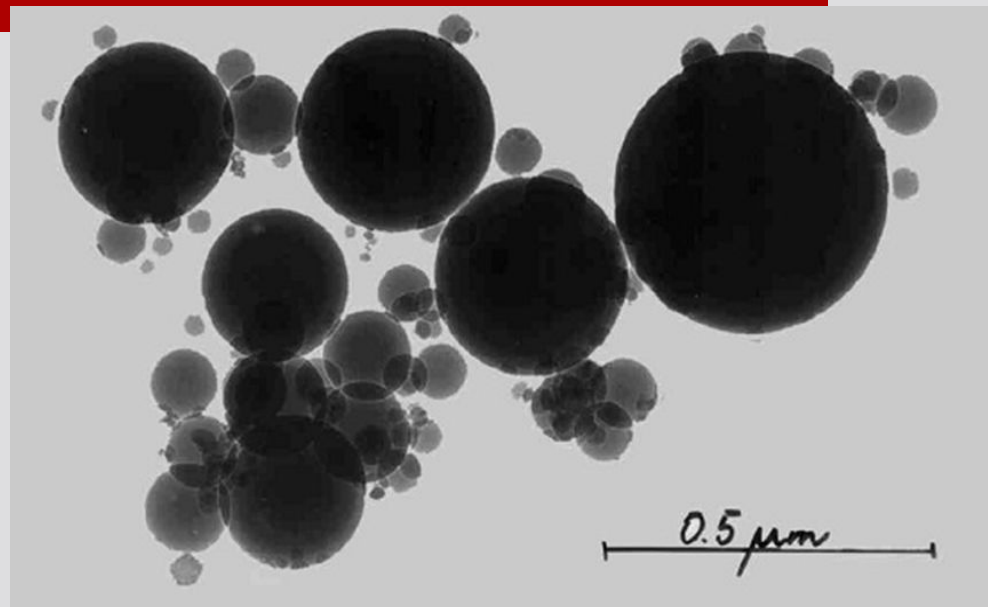
*Форма частиц и рельеф их поверхности зависят от типа помольных агрегатов и природы материалов:*

- при грубом измельчении песка в вибромельнице крупные зерна получают округленными, а мелкие - более угловатыми
  - при измельчении в шаровой мельнице до размера частиц 0,15-0,6 мм преобладают круглые зерна
  - При помоле в дезитеграторной мельнице преимущественно образуются угловатые зерна песка.
-

## Микрокремнезем (МК)

### Эффекты действия:

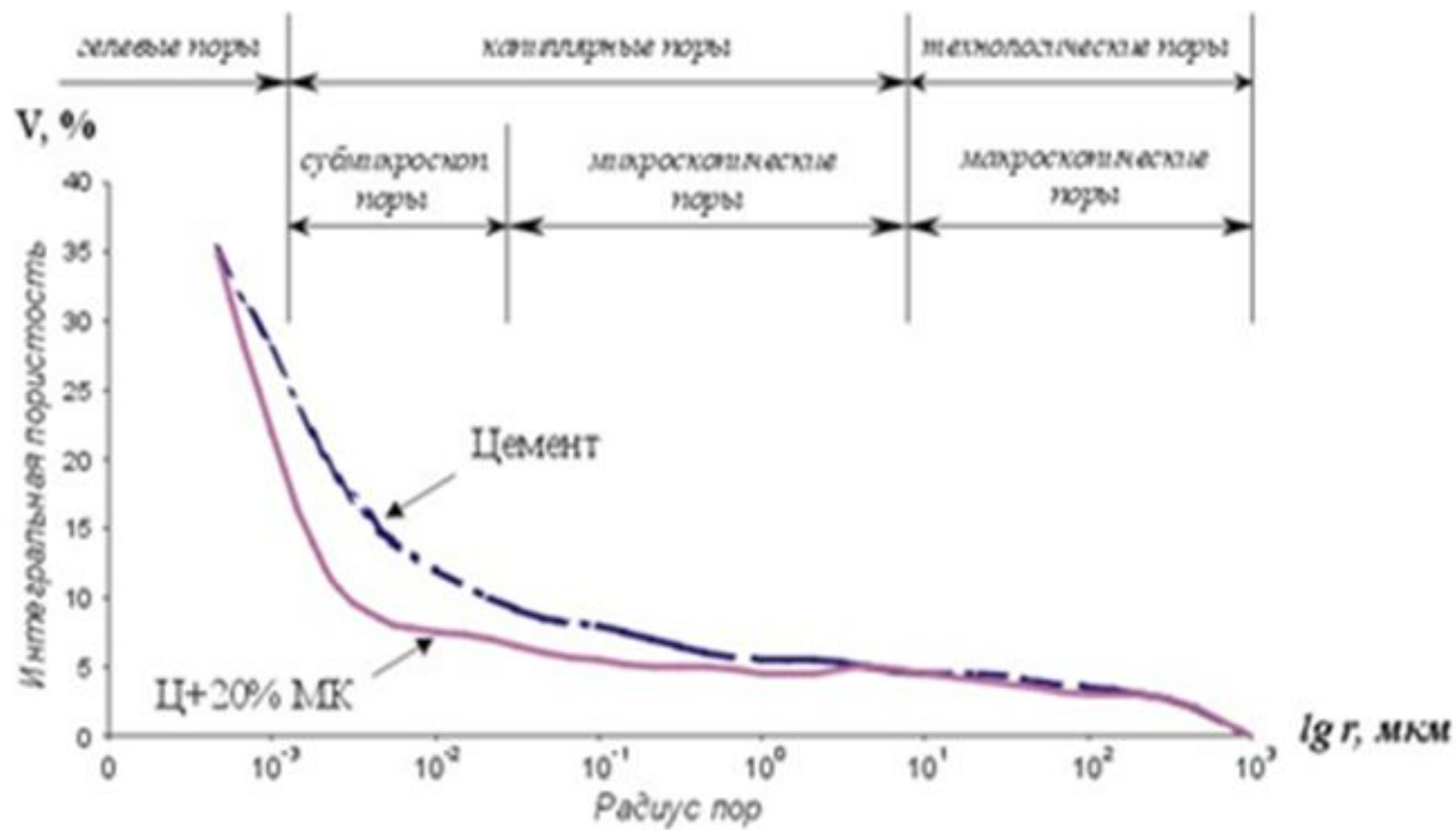
- повышаются связность и тиксотропность смесей
- существенно увеличивается объем гелевых пор и уменьшается объем капиллярных пор в бетоне , как следствие , повышается плотность, прочность, водонепроницаемость и долговечность бетона.



### Механизм действия :

Как показали работы исследования П. Г. Комохова, формирование структур цементных систем с МК зависит как от физических, так и химических факторов:

- ультрадисперсные частицы МК заполняют пространство между сравнительно грубодисперсными частицами цемента и *образуют многочисленные коагуляционные контакты*. При этом за счет увеличения объема адсорбционно-связанной воды уменьшается объем свободной воды
- взаимодействие МК с гидроксидом кальция способствует увеличению в составе цементного камня наиболее прочных и устойчивых низкоосновных гидросиликатов кальция.



## **НАНОТЕХНОЛОГИЯ (НТ). Термин и определение**

**Пионер НТ  
Э.Дрекслер:  
НТ - технология  
дешевого  
производства  
устройств и веществ  
с заранее заданной  
атомарной  
структурой**

**В настоящее время в  
строительстве под НТ  
понимают использование  
нанодобавок и  
нанопримесей, то есть  
нанообъектов (НО) в виде  
специально  
сконструированных  
наночастиц (НЧ), то есть  
частиц наномасштаба (НМ) с  
линейным  
размером менее 100нм.**

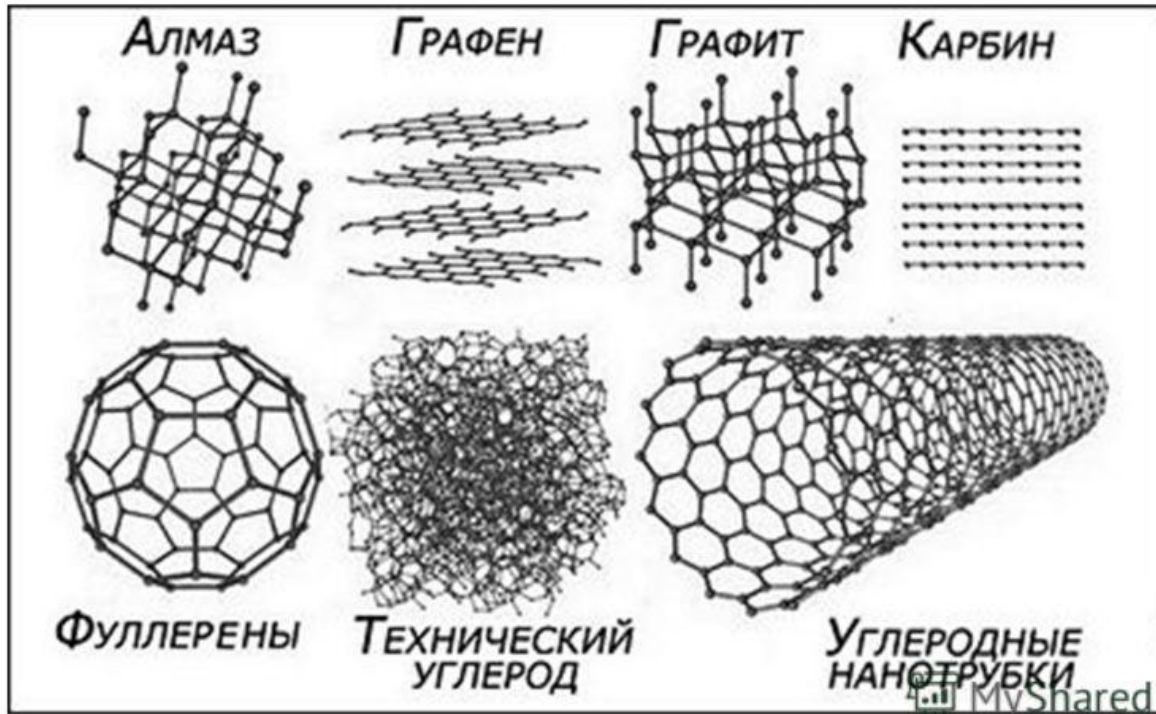


Таблица 1

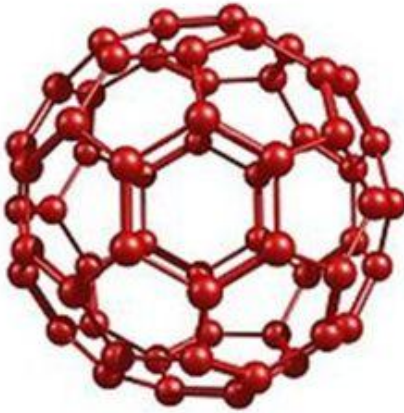
### ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМЫ НО И ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НС

| Наночастицы                           | Наносистемы                  |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Наноблоки                             | Твердые тела                 |
| Фуллерены                             | Кристаллы, растворы          |
| Нанотрубки                            | Агрегаты, растворы           |
| Нанокристаллы неорганических веществ  | Аэрозоли, коллоиды, осадки   |
| Полимерные молекулы, мицеллы          | Золи, коллоиды, гели         |
| Наночастицы на поверхности веществ    | Наноструктурированные пленки |
| Наночастицы в слоях различных веществ | Наноструктурированные пленки |

## Аллотропные формы углерода



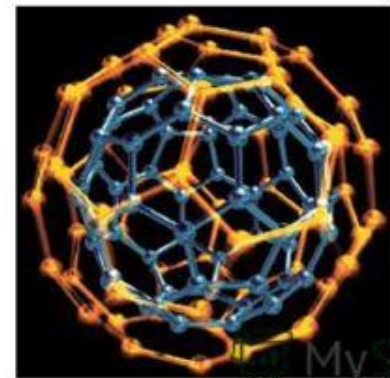
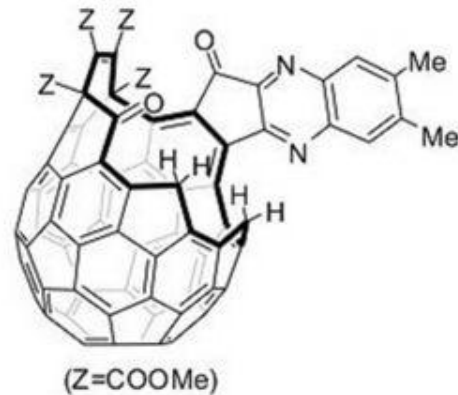
## НАНООБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА – ФУЛЛЕРЕНЫ



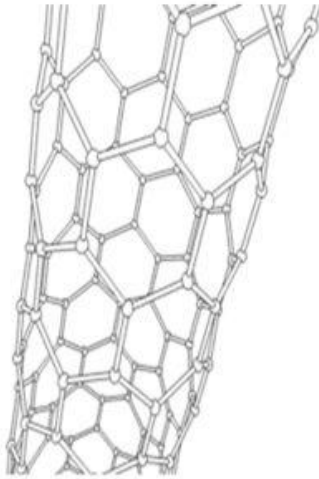
Фуллерен  $C_{60}$  - Это наиболее полно изученный представитель семейства фуллеренов, в нём углеродный многогранник состоит из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников. Каждый атом углерода в  $C_{60}$  принадлежит одновременно 2-м шести- и 1-му пятиугольнику, то все атомы в  $C_{60}$  эквивалентны. Это подтверждается ЯМР-спектром изотопа  $C_{13}$ , содержащим лишь одну линию. Длина связей  $C-C$  различна. Связь  $C=C$ , являющаяся общей стороной двух шестиугольников, 0.139 нм, а связь  $C-C$ , общая для шести- и пятиугольника - 0.144 нм Белоусов В.П., Будтов В.П., Данилов О.Б., Мак А. А. 1997. Оптический журнал, т.64, №12, с.3.

# НАНОХИРУРГИЯ

- **Рис. 1. Химически открытый фуллерен с двадцатичленным кольцом**
- **Рис.2. Химически открытый фуллерен с шестнадцатичленным кольцом**

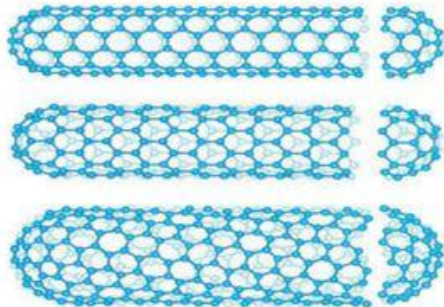
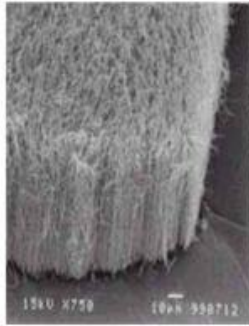


## НАНООБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА – НАНОТРУБКИ



Углеродная нанотрубка (англ. carbon nanotube) – цилиндрическая молекула, состоящая из одних лишь атомов углерода. Имеет диаметр около 1 нанометра и длину от одного до сотен микрометров. Внешне выглядит как свернутая в цилиндр графитовая плоскость. Впервые обнаружена Сумио Ииджимой (корпорация NEC) в 1991 г. как побочный продукт синтеза фуллерена C<sub>60</sub>.

## НАНООБЪЕКТЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА – НАНОТРУБКИ



- Нанотрубки бывают однослойными и многослойными.
- Многослойные нанотрубки представляют собой несколько однослойных нанотрубок, вложенных одна в другую, Расстояние между слоями равно 0,34 нм, то есть такое же, как и между слоями в кристаллическом графите
- Основная классификация нанотрубок проводится по способу сворачивания графитовой плоскости.
- Различают прямые (ахиральные) нанотрубки и спиральные (хиральные) нанотрубки.

# СВОЙСТВА НАНОТРУБКИ

- Нанотрубки обладают уникальными электрическими, магнитными и оптическими свойствами.
- Они могут быть как проводниками, так и полупроводниками.
- Нанотрубки на порядок прочнее стали.
- **Способ получения нанотрубок:**  
термическое распыление графитовых электродов в плазме дугового разряда.
- **Свойства нанотрубок:**  
легкий и пористый материал, состоящий из многослойных нанотрубок со средним диаметром 20 нм и длиной около 10 мкм.
- **Стоимость нанотрубок:**  
один грамм стоит несколько сотен долларов США.

## МОДИФИКАЦИЯ НАНОТРУБОК

- Модификация нанотрубок выполняется за счёт линейного или объёмного введения различных атомов в межплоскостное расстояние – 0,34 нм., как с внешней так и с внутренней стороны поверхности нанотрубки.
- Получают различные нанотрубки, например, металлизированные.



## Углеродные кластеры фуллероидного типа

- полидисперсные углеродные нанотрубки;
- полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры с межслоевым расстоянием 0,34-0,36 нм и размером частиц 60-200 нм;
- смесь полидисперсных углеродных нанотрубок и фуллерена C<sub>60</sub>.

## МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ НОНОСИСТЕМЫ «ЗОЛЬ-ГЕЛЬ»

Кремнеземсодержащий компонент золь  $H_2SiO_3$  и добавку «ДЭЯ-М»

Добавка «ДЭЯ-М» ТУ 5743-003-46969976-2000:

|                    |            |
|--------------------|------------|
| •ФДП               | 4,5 - 5,0  |
| •указанная окалина | 5,0 - 6,0  |
| •NaF               | 0,75 - 1,0 |
| •NaOH              | 0,25 - 0,5 |
| •Вода              | остальное  |

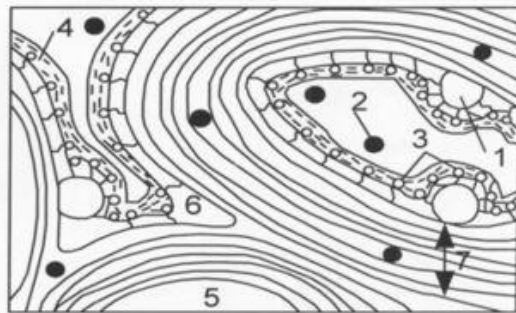
-фильтрат дрожжевого производства (ФДП), сод.сухих веществ, 4,5 – 5,0 мас. % рН=5,

-окалина металлургического производства, содержащей  $Fe_3O_4$ , в количестве, большем или равном 70 мас. % с тонкостью помола, определяемой по остатку на сите № 008 - 15%,

\*) Гидролиз – реакция ионного обмена между веществами и водой.

Гидратация – физико-химический процесс взаимодействия растворённых веществ с водой.

## Месторождение природного наноминерала шунгита в Кижях РФ.



**Физико – химическая модель (б) шунгитового углерода  
(увеличение x200000)**

**1 – фуллерены изотопа  $C_{12}$  и  $C_{13}$ ; 2 – металлы; 3 – ПАВ;  
4 – кристаллическая вода; 5 – глобулярная пора; 6 –  
межглобулярная пора; 7 – глобула**

## СОСТА И СВОЙСТВА НАНОБЕТОНА патент № 2256629

| Номер образца  | Состав высокопрочного бетона, мас.% |                |                   |                               |   |                    |       |                 |           | Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа | Водонепроницаемость, атм. |
|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|---|--------------------|-------|-----------------|-----------|---|---------------------------|
|                | портланд-цемент М400                | заполнитель    |                   | кремнеземсодержащий компонент |   | Добавка            |       | силикатная мука | вода      |   |                           |
|                |                                     | Песок Мкр.=2,1 | Щебень фр.5-10 мм | микрокремнезем                | золь $H_2SiO_3$ с $\rho = 1,014$ г/см <sup>3</sup> , рН = 5...6 | суперпластификатор | ДЭЯ-М |                 |           |   |                           |
| 1<br>прото-тип | 4                                   | 36,9           | 49,2              | 4                             | -   | 0,4                | -     | 8               | 3,8       | 54,0  | 8                         |
| 2              | 44,4                                | 22,2           | 22,2              | -                             | 0,48  | -                  | 0,48  | -               | 11,0<br>4 | 73,8  | 12,0                      |
| 3              | 46,20                               | 21,10          | 21,10             | -                             | 0,455   | -                  | 0,455 | -               | 10,6<br>9 | 76,7  | 12,0                      |
| 4              | 48,0                                | 20,0           | 20,0              | -                             | 0,43  | -                  | 0,43  | -               | 10,3<br>4 | 72,2  | 12,0.                     |

# ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НАНОБЕТОНА

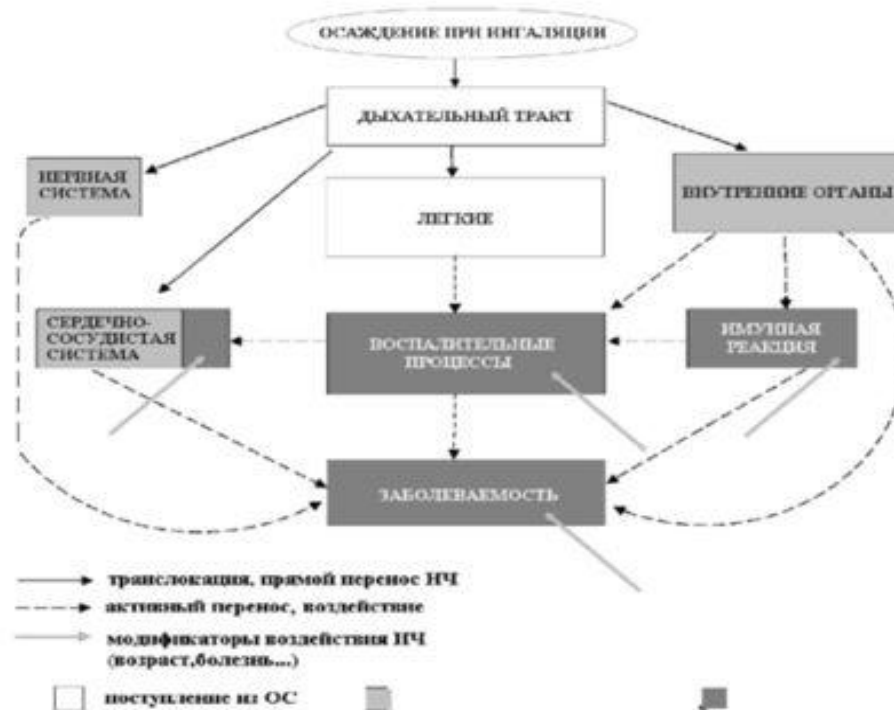
| Расход материала на 1 м <sup>3</sup> , кг |     |      |  |     | В/Ц  | О.К., см | Призменная прочность, МПа | Модуль упругости, МПа | Водопоглощение, % | Водонепроницаемость, атм. | Морозостойкость, цикл. |
|---|-----|------|--|-----|------|----------|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| Ц   | П   | Щ    | Добавка, %   | В   |      |          |                           |                       |                   |                           |                        |
| 950                                       | 181 | 1036 | H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub><br>0,6   | 237 | 0,25 | 1,0      | 63                        | 3,9                   | 2,9               | 18                        | 800                    |
| 950                                       | 184 | 1049 | H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> +<br>K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]<br>0,75 | 223 | 0,23 | 1,0      | 75                        | 4,8                   | 2,5               | 20                        | 900                    |

**Количественная характеристика влияния добавок микрокремнезема, суперпластификатора и условий твердения на пористость цементного камня**

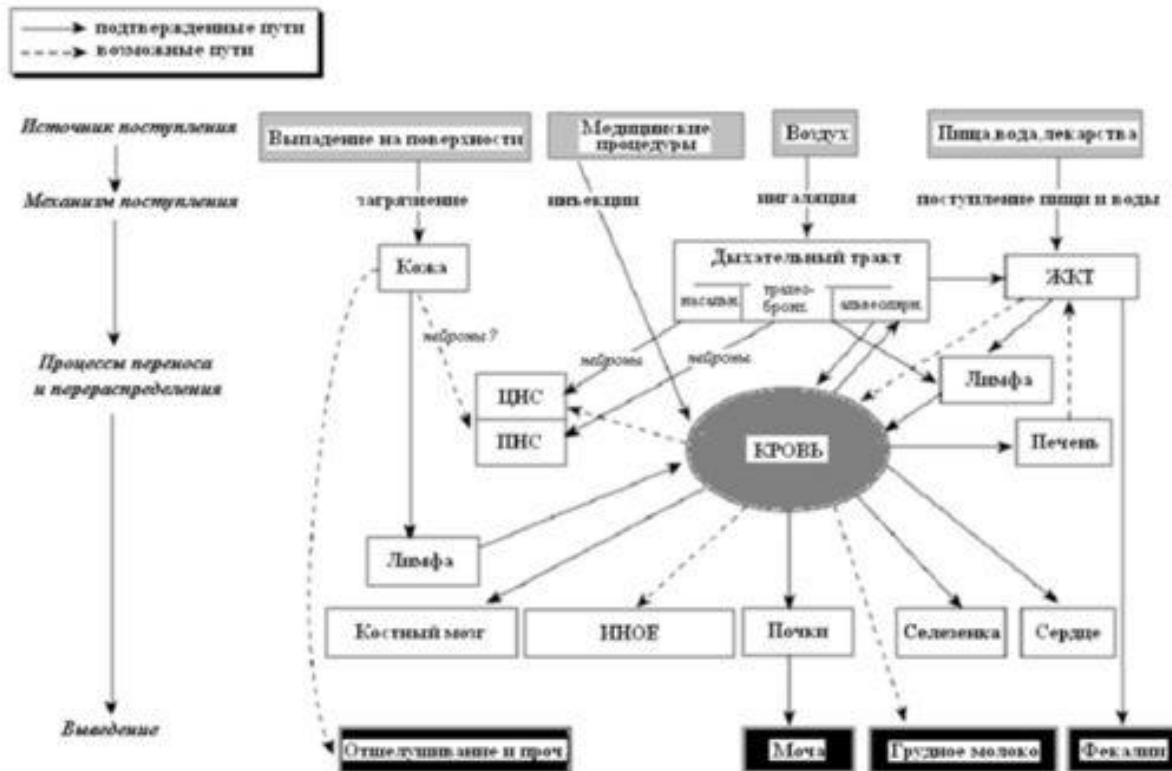
| Серии образцов матрицы. Кол-во МК % Ц, условия твердения | Объем пор ( $\Delta V/V$ ), %          |   |  |                                       |  |  |
|--|--|---|--|---------------------------------------|--|--|
|  | Поры геля $5\text{Å} < R < 25\text{Å}$ | Капиллярная пористость                      |  |                                       | Макропоры $10\text{мкм} < R < 500\text{мкм}$ | Общая пористость $5\text{Å} < R < 500\text{мкм}$ |
|  |  | Субмикропоры $25\text{Å} < R < 500\text{Å}$ | Микропоры $500\text{Å} < R < 10\text{мкм}$ | Общая $25\text{Å} < R < 10\text{мкм}$ |  |  |
| 0  | 14,2                                   | 9,9   | 5,8  | 15,7                                  | 8,9  | 38,8   |
| 10   | 10,4                                   | 9,7   | 3,7  | 13,4                                  | 3,3  | 27,1   |
| 20   | 8,9                                    | 3   | 2  | 5                                     | 4,5  | 17   |
| 30   | 6,2                                    | 3,12  | 0,63                                       | 3,73                                  | 6,5  | 16,4   |
| 20+20°C  | 8,4                                    | 5,1   | 0,4  | 5,5                                   | 2,3  | 16,2   |
| 20+C-3   | 10,4                                   | 7,6   | 2,1  | 9,7                                   | 6,6  | 26,7   |
| 20+40°C  | 12                                     | 9,5   | 2,7  | 12,2                                  | 4  | 28,2   |
| 20+60°C  | 14,3                                   | 10,5  | 4,9  | 15,4                                  | 6,1  | 25,8   |

Примечание: исследовались составы цементного камня с добавкой МК Челябинского ферросилиция

# НАНОБЕЗОПАСНОСТЬ. ПРОНИКНОВЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА



# БИОКИНЕТИКА НАНОЧАСТИЦ в организме человека



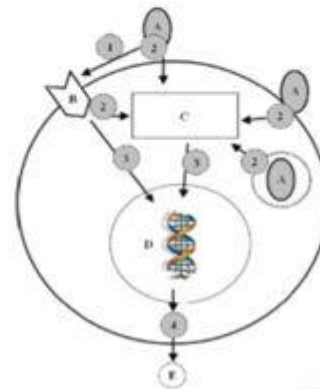
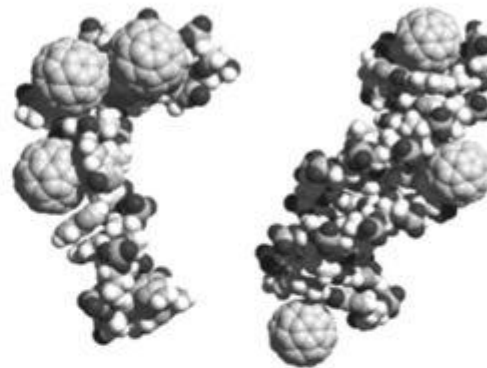


## НАНОБЕЗОПАСНОСТЬ. ВЫВОДЫ

5. Отмечено воздействие НО (фуллеренов, нанотрубок, нанокристаллов) на организмы (микроорганизмы, ракообразные, рыбы, млекопитающие), приводящее к их гибели.
6. Воздействие НО на экосистемы **не исследовано**.
7. Последствия хронического (долговременного) воздействия НО на человека и живые объекты **не исследованы**.
8. Методы оценки, анализа и управления риском, разработанные в области радиационной безопасности и токсикологии, могут быть использованы для анализа, оценки и управления рисками НТ с соответствующими модификациями, учитывающими специфику конкретных НО.


# ВЛИЯНИЕ НЧ на ДНК

- Токсичность зависит от концентрации НЧ и площади их поверхности, а не от массы/объема.
- Токсичность зависит от физико-химической формы НЧ.
- Токсичность НЧ зависит от НС, в которую входит НЧ.



## **ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РФ**

- 1. Формирование рынка потребления .**
- 2. Повышение эффективности применения наноматериалов и нанотехнологий.**
- 3. Разработка новых промышленных технологий получения наноматериалов.**
- 4. Обеспечение перехода от микротехнологий к промышленным нанотехнологиям.**
- 5. Развитие фундаментальных исследований нанотехнологий.**
- 6. Создание исследовательской инфраструктуры.**
- 7. Создание инновационных и кредитных механизмов финансирования работ.**
- 8. Подготовка и закрепление квалифицированных научных, инженерных и рабочих кадров для нанохимического производства.**



Информация по наночастицам использована  
из материалов к.т.н.Кузьминой В.П.