

Лекция: «Минеральные вяжущие вещества, материалы и изделия на их основе»

**Авторы:
доцент кафедры СМ, к.т.н. Тюрников В.В.
аспирант кафедры СМ Бондарева Е.В.**

Лекция: «Минеральные вяжущие вещества, материалы и изделия на их основе»

Неорганическими вяжущими веществами называют материалы чаще всего в виде тонких порошков, которые способны при смешивании с водой или с водными растворами некоторых солей образовывать пластично-вязкую массу (**вяжущее тесто**), которая постепенно твердеет и превращается **в камень**.

Лекция: «Минеральные вяжущие вещества, материалы и изделия на их основе»

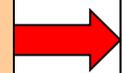
Классификация минеральных вяжущих веществ



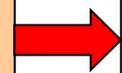


Тема: Теория твердения минеральных вяжущих веществ

РАСТВОРЕНИЕ



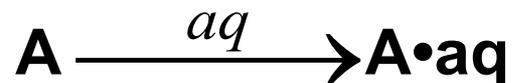
КОЛЛОИДАЦИЯ



КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

Типы реакций в системе «Вяжущее - вода»

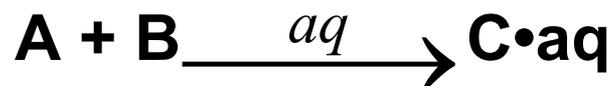
1. ГИДРАТАЦИЯ

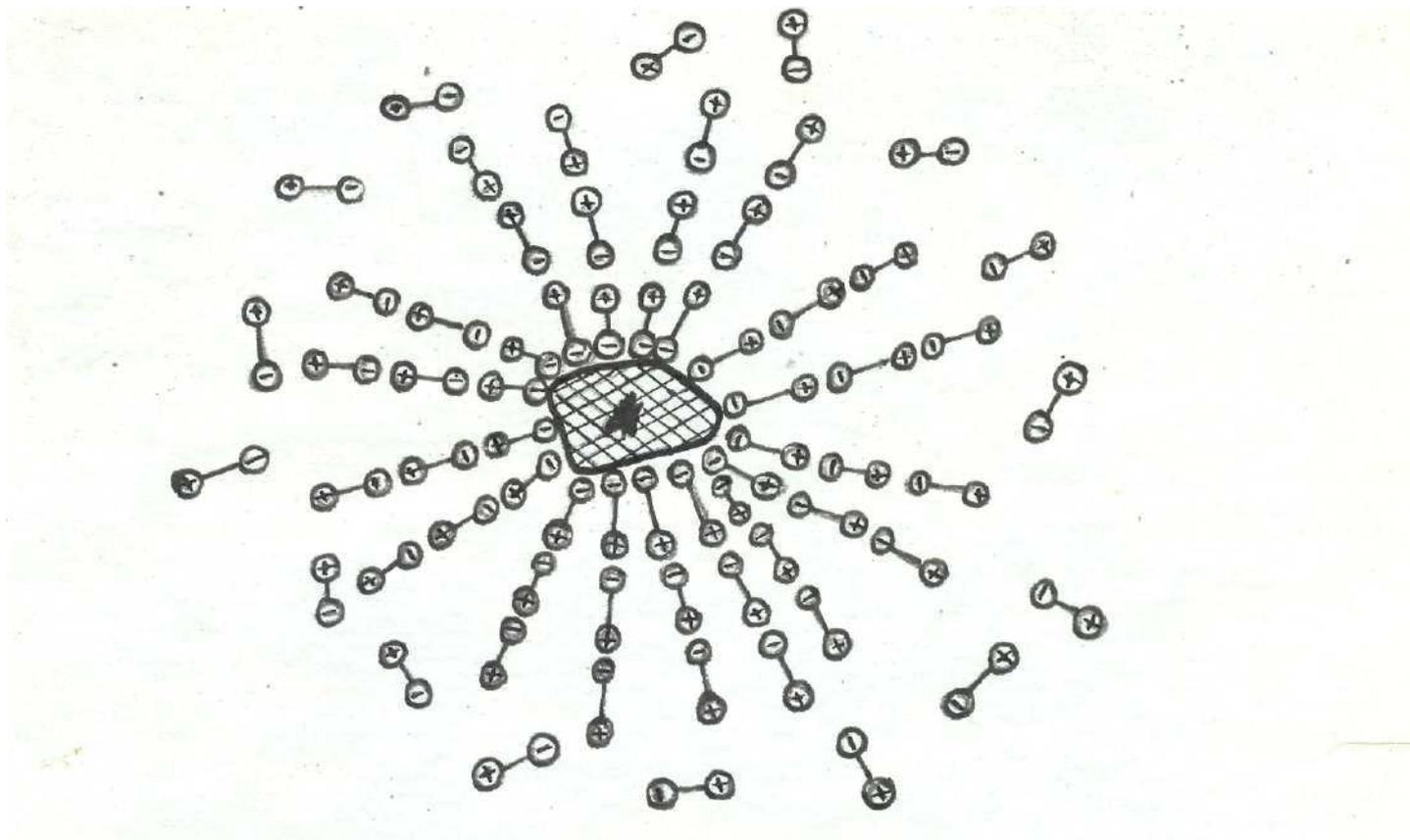


2. ГИДРОЛИЗ



3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ ВЯЖУЩЕГО

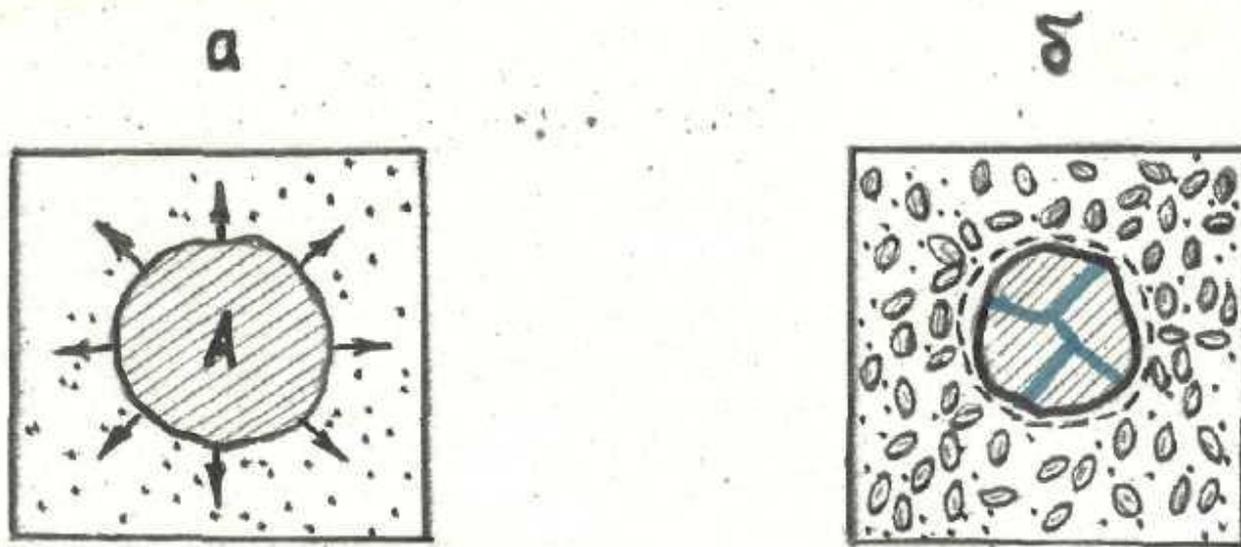




Элемент структуры цементного теста
A-цементное зерно;



-молекула воды

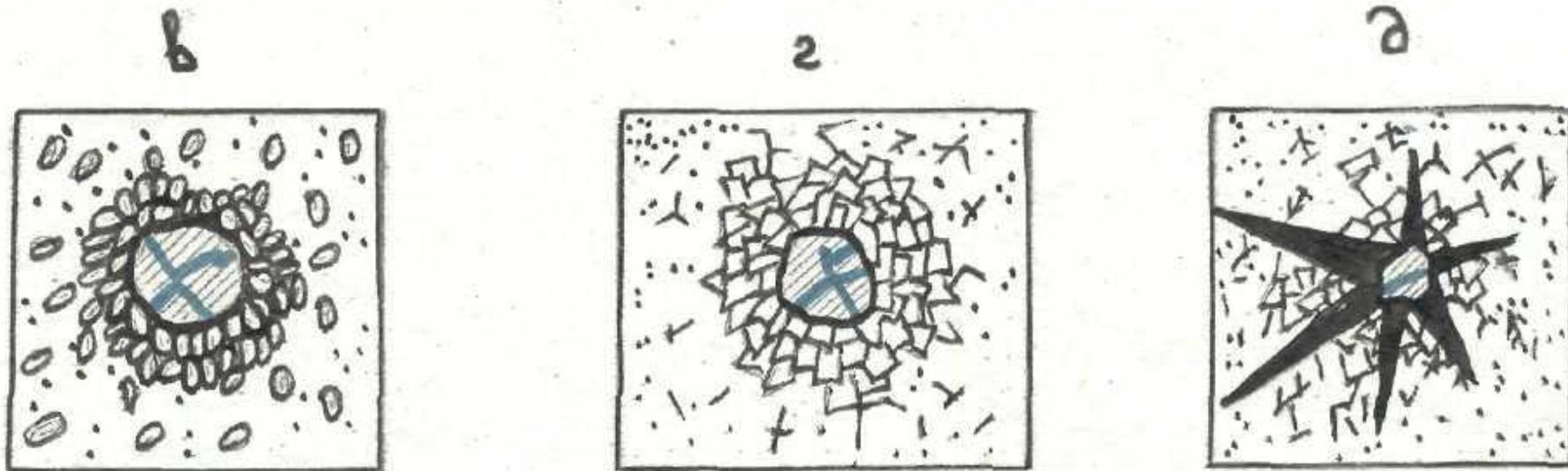


Процесс формирования цементного камня

а) растворение;

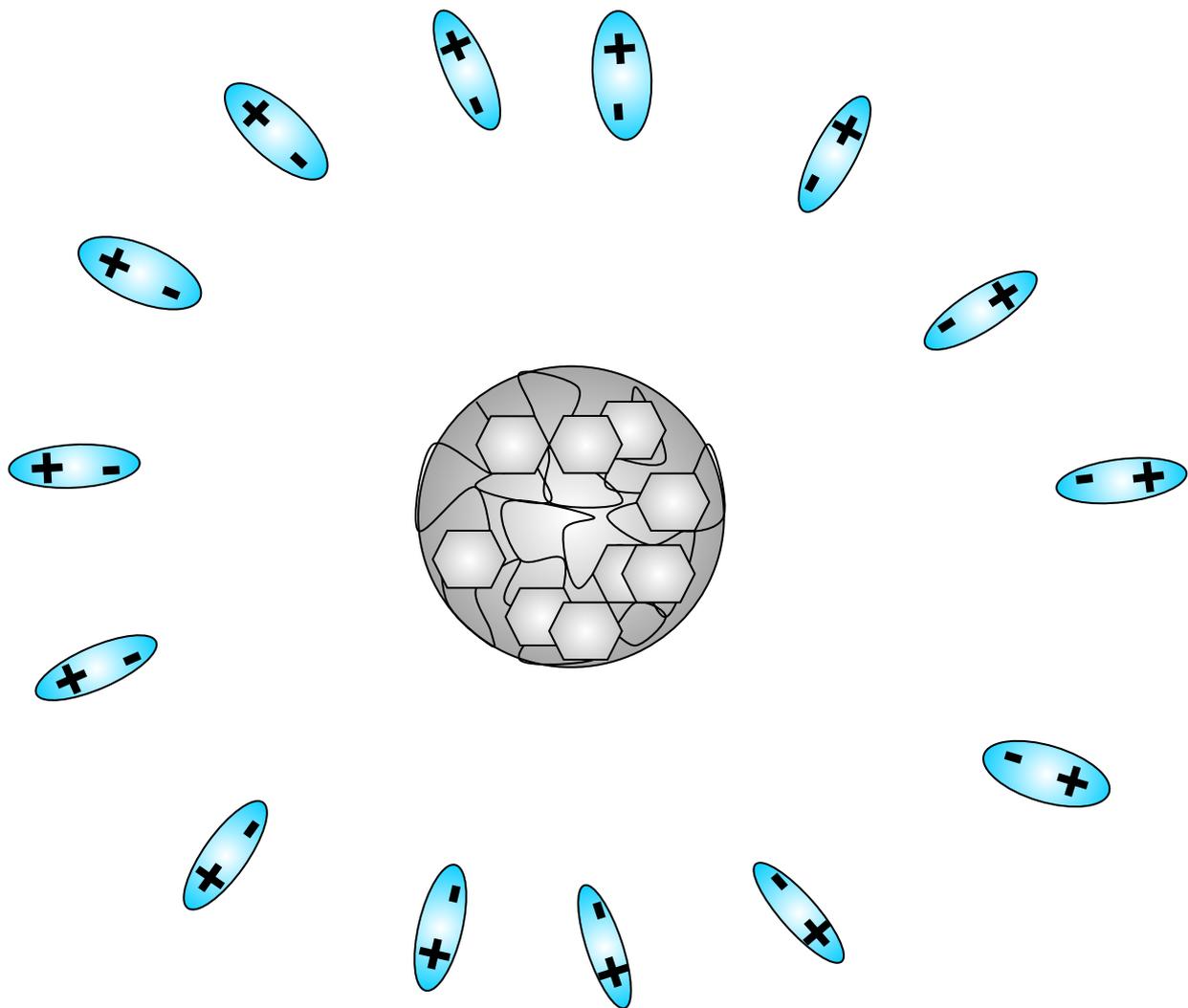
б) образование золя;

Тема: «Теория твердения минеральные вяжущих»

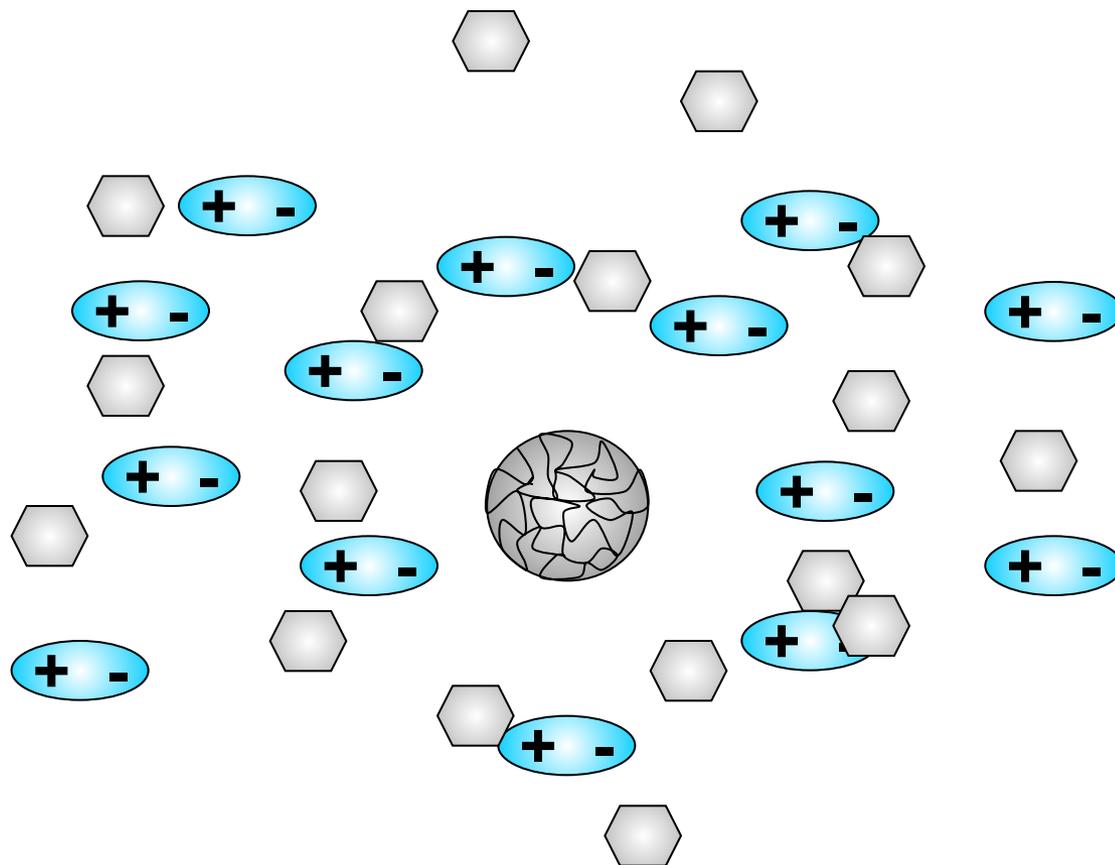


Процесс формирования цементного камня
в) коагуляция с образованием геля;
г) образование кристаллического сростка;
д) прораствание кристаллического сростка

Тема: «Теория твердения минеральные вяжущих»

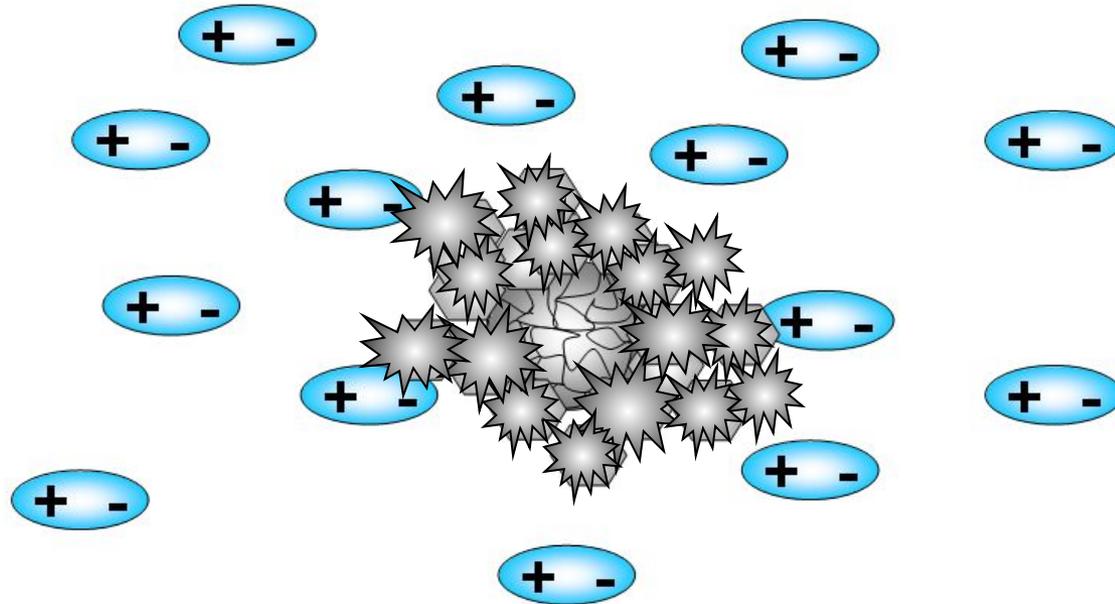


Растворение и образование золя



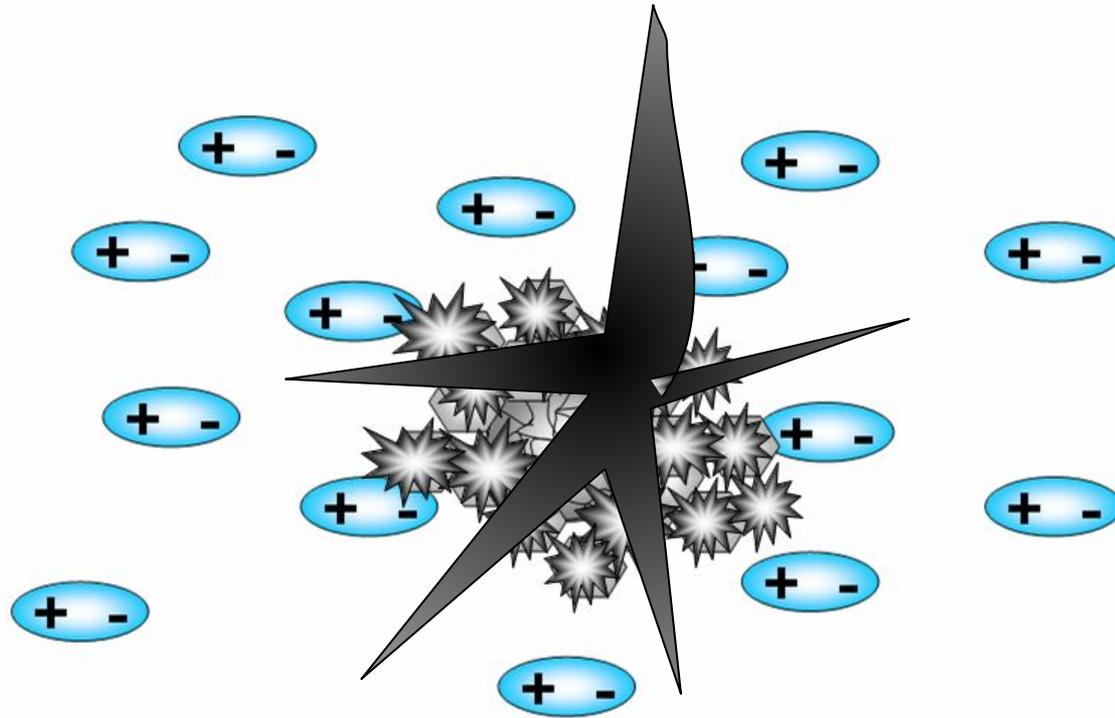
Коагуляция с образованием геля

Тема: «Теория твердения минеральные вяжущих»



Образование кристаллического сростка

Тема: «Теория твердения минеральные вяжущих»



Прораствание кристаллического сростка



Тема: Воздушные вяжущие вещества

Воздушная строительная известь

Сырьем являются кальциево-магниевые горные породы



Воздушная строительная известь

Добыча сырья открытым способом. Сокский карьер

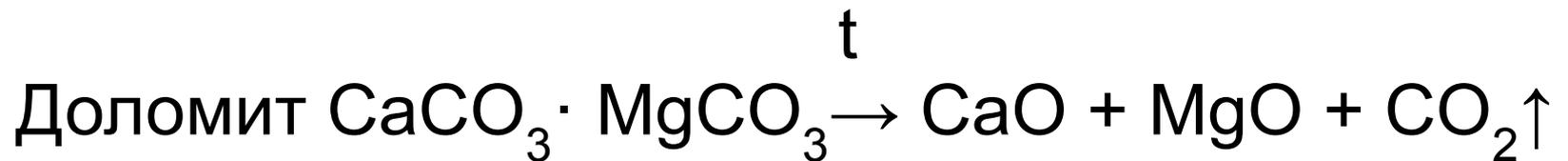
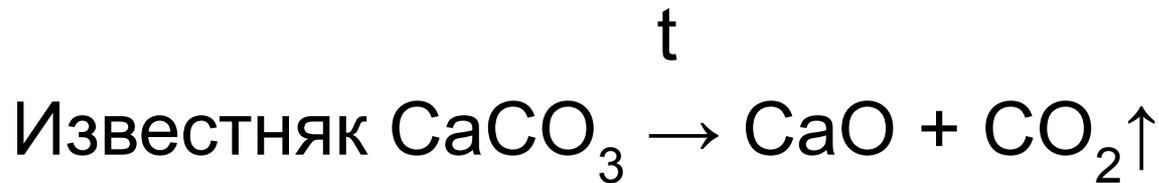


Воздушная строительная известь Сокский карьер

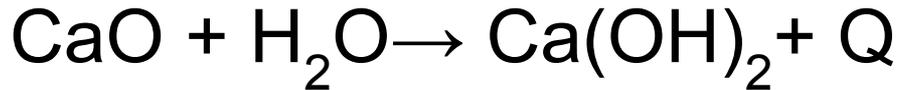


Воздушная строительная известь

- Негашеная известь – кипелка [CaO]
- Негашеная молотая известь [CaO]
- Гашеная известь – пушонка [Ca(OH)₂]



Гашение извести



В зависимости от количества добавленной к извести воды можно получить:

- 70-100 % воды – порошкообразную известь пушонку;
- 100-150 % воды – известковое тесто (пластичную массу);
- до 200 % воды – известковое молоко;
- свыше 200 % воды – известковую воду;

Воздушная строительная известь

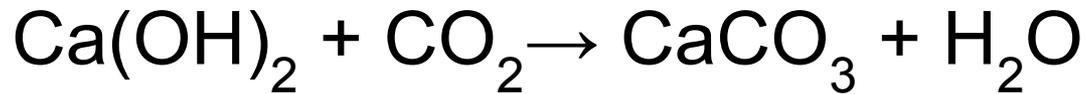
По наличию MgO известь делится на:

1. Кальциевую ($\text{MgO} < 5 \%$);
2. Магнезиальную ($\text{MgO} = 5 \div 20 \%$);
3. Доломитовую ($\text{MgO} = 20 \div 40 \%$);

По скорости гашения известь делится на:

1. Быстрогасящуюся (< 8 мин.);
2. Среднегасящуюся ($8 \div 25$ мин.);
3. Медленногасящуюся (> 25 мин.).

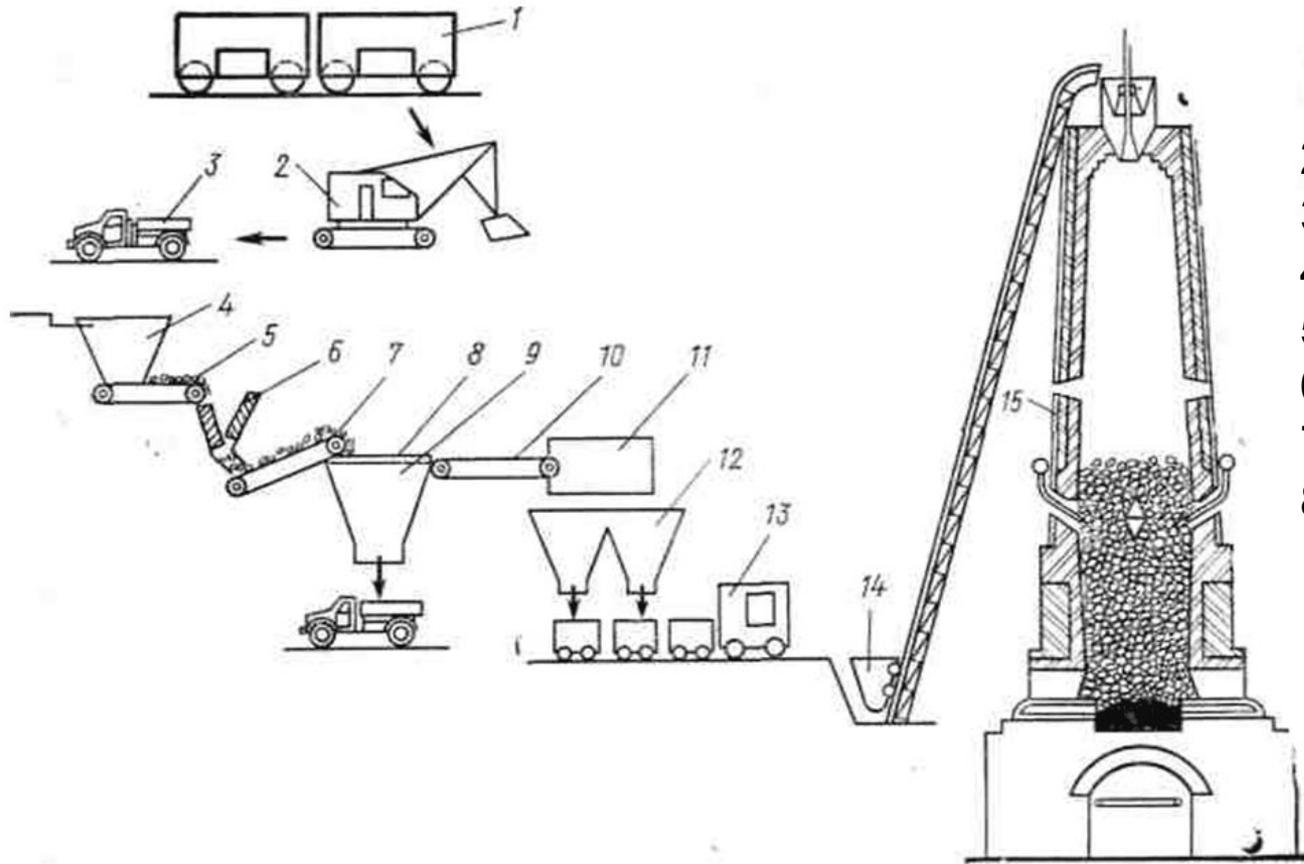
Твердение извести



Воздушную известь применяют при изготовлении:

- строительных растворов;
- автоклавных силикатных материалах;
- некоторых местных вяжущих веществ;
- красочных составов и т.д.

Воздушная строительная известь



- 1- Вагоны с известняком;
- 2- Погрузка экскаватором;
- 3- Перевозка самосвалом;
- 4, 9, 12- Бункера;
- 5- Питатель;
- 6- Щековая дробилка;
- 7, 10 – Транспортеры;
- 8-Сито;
- 11-Цилиндрическое;
- 13- Вагонетки;
- 14- Скиповый подъемник;
- 15- Шахтная печь.

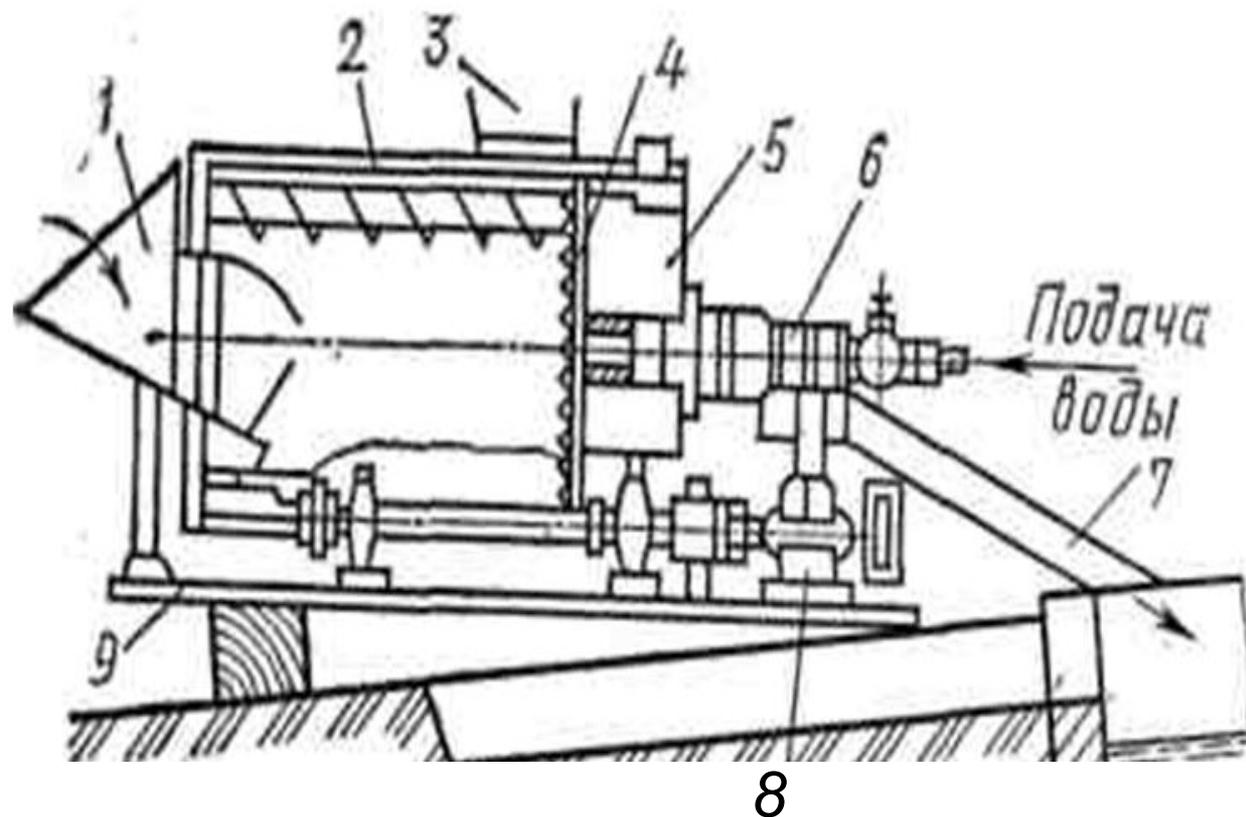
Технологическая схема производства
комовой негашеной извести

Воздушная строительная известь

Установка для
получения
гидратной извести



Воздушная строительная известь



- 1- Загрузочный бункер;
- 2- Барабан;
- 3- Люк разгрузки отходов;
- 4- Решетчатая диафрагма;
- 5- Камера измельчения;
- 6- Патрубок;
- 7- Сливной лоток;
- 8- Электродвигатель;
- 9- Сварная рама.

Известегасилка непрерывного действия

Магнезиальные вяжущие вещества



Магнезиальные вяжущие вещества

Получение каустического магнезита



Получение каустического доломита



Твердение магниевых вяжущих веществ



растворимость магниевых вяжущих мала (0,0013 г/л), поэтому для затворения используют водные растворы:

хлористого магния $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$;

сернокислого магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Магнезиальные вяжущие вещества

Магнезиальные вяжущие применяют при изготовлении:

- **ксилолита** – композиции магнезиального вяжущего с древесными опилками;
- **фибролита** – композиции магнезиального вяжущего с древесной стружкой

Гипсовые вяжущие вещества

НИЗКООБЖИГОВЫЕ

$t = 150 - 190 \text{ } ^\circ\text{C}$

1. Строительный гипс (алебастр)
2. Высокопрочный (технический) гипс

ВЫСОКООБЖИГОВЫЕ

$t = 700 - 900 \text{ } ^\circ\text{C}$

1. Ангидритовое вяжущее (ангидритцемент)
2. Высокообжиговый гипс (эстрих-гипс)

Сырье:

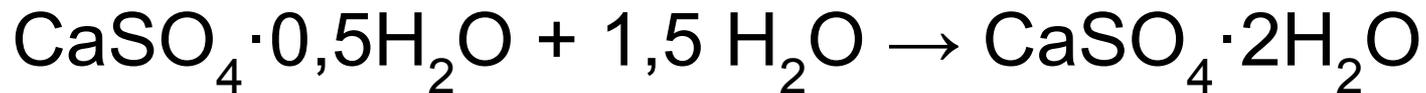
- природный гипсовый камень ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$);
- ангидрит (CaSO_4);
- отходы химической промышленности, содержащие сульфаты.

Строительный гипс

Получение:

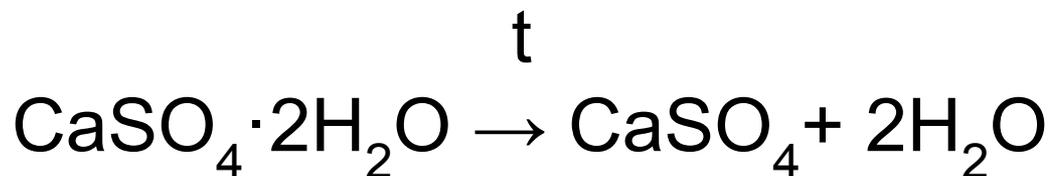


Твердение:

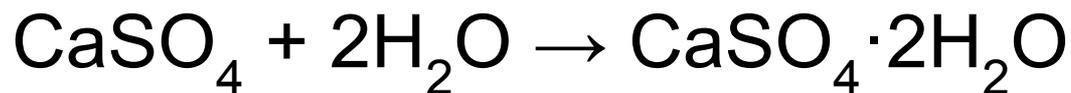


Ангидритовое вяжущее вещество

Получение ангидрит-цемента:



Твердение (с активаторами – бисульфатом и сульфатом натрия):

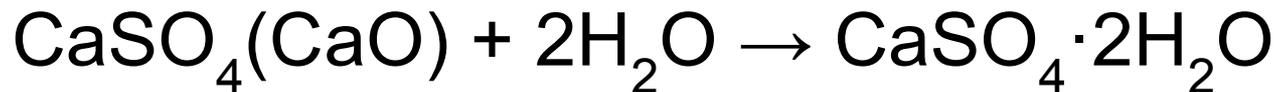


Эстрих-гипс

Получение эстрих-гипса:



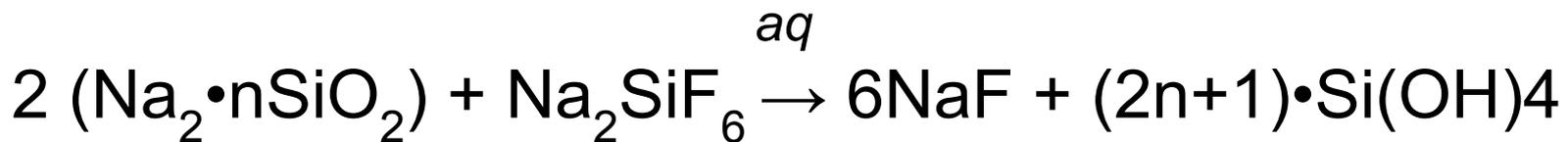
Твердение:



Жидкое стекло



Образование кислотоупорного камня:



кристаллич.

гель

сросток

Жидкое стекло

Кислотоупорный цемент:

1. Кварц (85 %)
2. Na_2SiF_6 (15%)

} сухая тонкомолотая
смесь

Кислотоупорный бетон:

1. Кислотоупорный цемент
2. Жидкое стекло
3. Кислотоупорный заполнитель



Тема: Гидравлические вяжущие вещества

Тема: гидравлические вяжущие вещества

Гидравлические вяжущие вещества практически способны твердеть и длительно сохранять прочность на воздухе и в воде.

Однако, **в начальный период**, обязательным условием служит **присутствие влаги в твердеющей массе**, т.к. иначе не могут проходить химические реакции, вызывающие ее превращение в камень.

Рост прочности может продолжаться на протяжении ряда лет **при наличии достаточной влажности среды**. **В сухих же условиях** прочность материала, изготовленного на гидравлическом вяжущем, больше **не возрастает**, но сохраняется.

К группе гидравлических вяжущих относятся: **гидравлическая известь, портландцемент, шлакопортландцемент, портландцемент с гидравлическими добавками, глиноземистый цемент и др.**

Гидравлическая известь

Сырьем служат мергелистые известняки, т.е. известняки, находящиеся в тесной природной смеси с 6-25 % глины

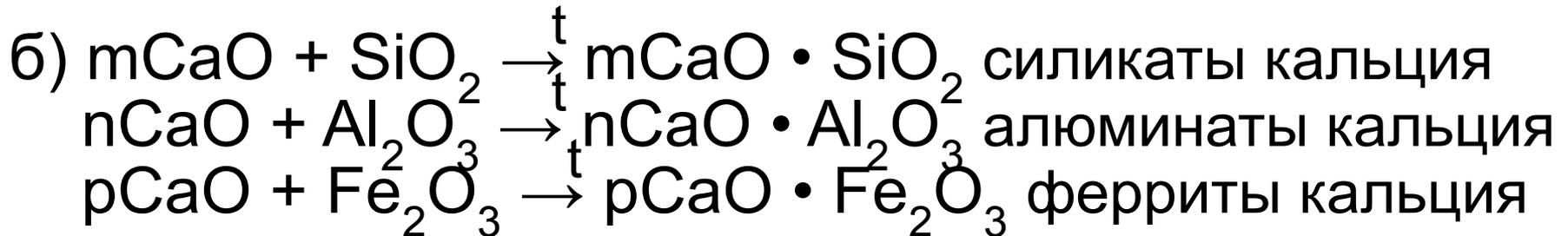


Гидравлическая известь

Сырьё: мергелистые известняки (известняки с 6-25 % глины).

Температура обжига: 900-1000°C.

Схема образования вяжущего при обжиге:

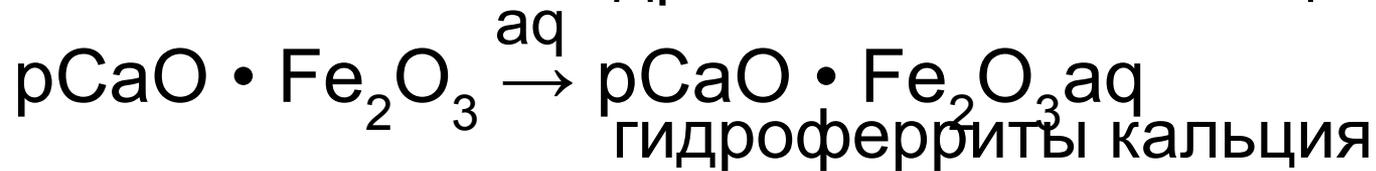
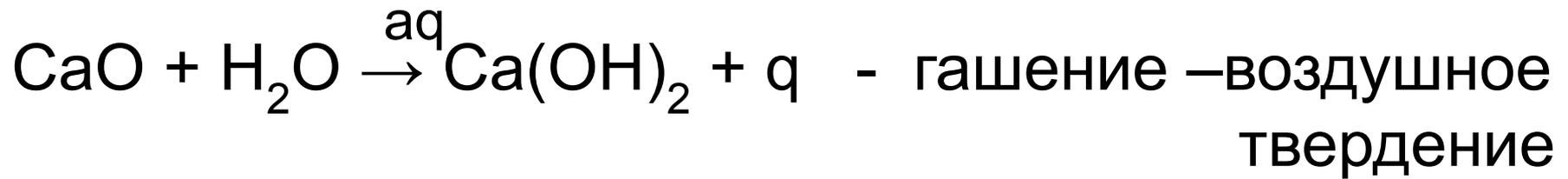


Гидравлическая известь

В состав гидравлических известей входят:



Процессы, идущие при твердении гидравлических известей:



гидравлическое
твердение

Гидравлическая известь

Гидравлический модуль определяется:

$$GM = \frac{\% \text{ CaO}}{\Sigma\% \text{ Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

В зависимости от гидромодуля известь бывает:

- GM > 9 – строительная воздушная известь;
- GM 9-4,5 – слабогидравлическая известь;
- GM 4,5-1,7 – сильногидравлическая известь;
- GM 1,1-1,7 – предельно-гидравлическая (роман-цемент)

Цементы

Цементами называют искусственные, порошкообразные вяжущие материалы, которые при взаимодействии с водой, с водными растворами солей или другими жидкостями образуют пластичную массу, которая со временем затвердевает и превращается в прочное камневидное тело - цементный камень.

Цементы при твердении могут развивать различную прочность, характеризуемую **маркой цемента**.

Цементы

Потребность в разработке современных **цементов** возникла в начале промышленной революции (около 1800 г.).

Причины возникновения потребности в разработке цементов:

- 1. Потребность в материалах для связки/отделки кирпичных зданий во влажном климате - цемент был идеальным вариантом;
- 2. Растворы для кладки при строительных работах в гавани и т.д., в контакте с морской водой - цемент опять-таки подходил для этого;
- 3. Необходимость в прочном бетоне - цемент должен был послужить основой его.

Портландцемент

Портландцементом называется гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с гипсом, а иногда и со специальными добавками.

Клинкер это масса состоящая из отдельных плотных кусочков.

Его получают обжигом до спекания тонкодисперсной однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины и некоторых др. материалов (мергеля, доменного шлака и пр.). При этом обеспечивается преимущественное содержание в нем высокоосновных силикатов кальция (70—80 %). Гипс в портландцемент добавляют для регулирования скорости схватывания и некоторых других свойств.

Портландцемент

Качество клинкера зависит от его химического и минералогического составов.

Известняк, используемый для производства ПЦ, в основном состоит из CaCO_3 (в процессе обжига получается CaO), а глина — из различных минералов, содержащих в основном окислы SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

В процессе обжига сырьевой смеси CO_2 удаляется, а оставшиеся окислы образуют клинкерные минералы.

Для получения качественного ПЦ химический состав клинкера должен находиться в следующих пределах:

CaO – 62-68 % по массе;

SiO_2 – 18-26 % по массе;

Al_2O_3 – 4-9 % по массе;

Fe_2O_3 – 0,3-6 % по массе.

Портландцемент

Сырьевую смесь можно изготовить:

1. Сухим способом – сырьевые материалы высушиваются, а затем измельчаются и смешиваются;
2. Мокрым способом – измельчение и смешивание сырьевых материалов вместе с водой.

Независимо от применяемого способа всегда стремятся получить по возможности наиболее тонкую и однородную сырьевую смесь, что предопределяет хорошее качество цемента, так как с увеличением степени дисперсности реагирующих веществ и с повышением полноты их смешивания между ними быстрее и полнее идут реакции при обжиге.

Портландцемент

Материал спекаясь образует округлые зерна размером обычно 4-20 мм (это цементный клинкер).

Клинкер выходящий из печи быстро охлаждают чтобы предотвратить образование крупных малоактивных кристаллов в клинкере и сохранить вместе с тем в незакристаллизованном виде стекловидную фазу. Иначе можно получить цемент с пониженной реакционной способностью по отношению к воде.

Клинкер размалывают в тонкий порошок, добавляя в мельницы при помоле небольшое количество двуводного гипса для регулирования сроков схватывания цемента

Важнейшие составные части ПЦ клинкера

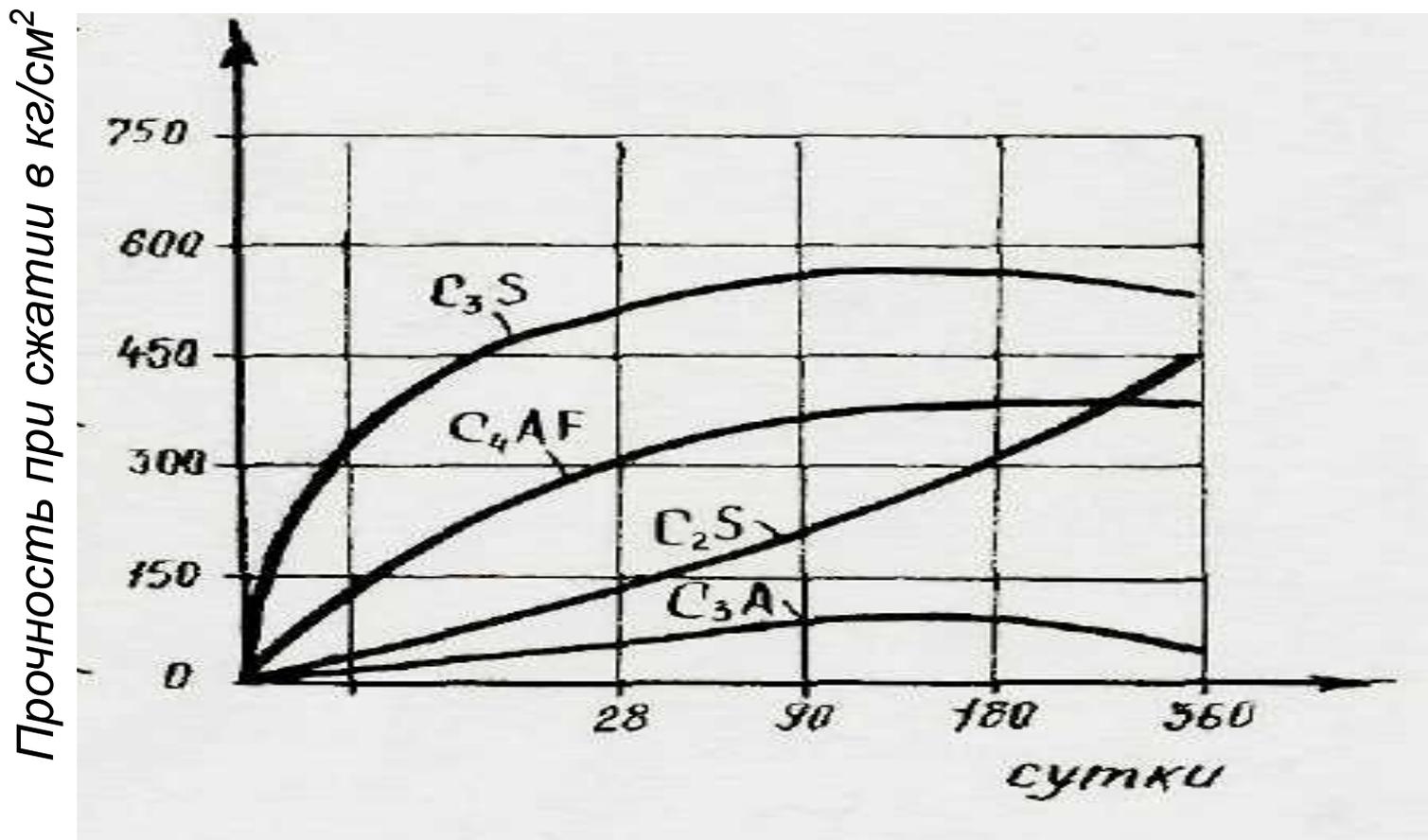
Цементный клинкер представляет систему из нескольких искусственных минералов, образовавшихся в результате обжига сырьевой смеси.

Минералогический состав ПЦ клинкера:

Минерал	Формула	Сокращенное обозначение	Примерное содерж., %
Трехкальциевый силикат (алит)	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_3S	40-65
Двухкальциевый силикат (белит)	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C_2S	15-40
Трехкальциевый алюминат (целит)	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	5-15
Четырехкальциевый аллюмоферрит (браунмиллерит)	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10-20

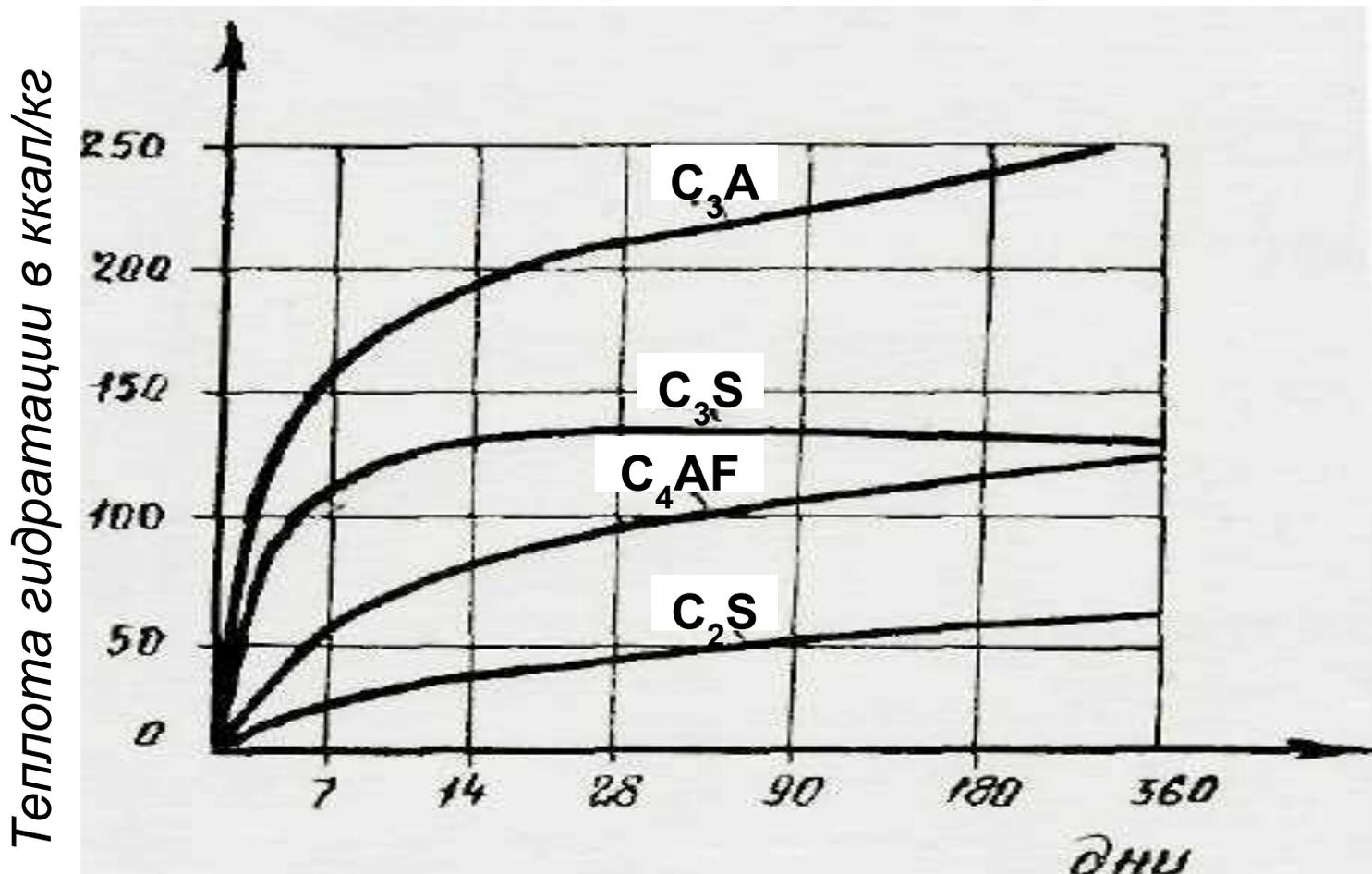
Обозначили: $\text{CaO} \rightarrow \text{C}$; $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{S}$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{A}$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{F}$

Свойства клинкерных минералов



Рост прочности цементов из чистых клинкерных минералов

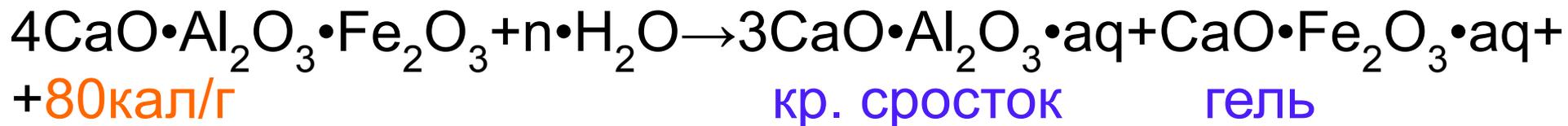
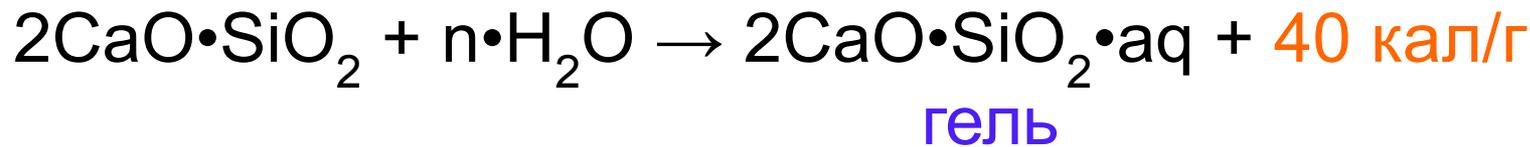
Свойства клинкерных минералов



Теплота гидратации клинкерных минералов

Взаимодействие минералов с водой

Основные реакции:



Взаимодействие минералов с водой

Побочные реакции:



Классификация вяжущих на основе портландцементного клинкера

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА-СПЕЦ. ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ

1. Быстротвердеющий (БТЦ, ОБТЦ) и высокопрочный (ВПЦ)

2. Сульфатостойкий

3. С умеренной экзотермией

4. Тампонажные

5. Белый и цветные

6. Для асбестоцементных изделий

7. Для покрытий автодорог

8. Магнезиальный

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ ПОЛУЧЕННЫЕ ВВЕДЕНИЕМ ДОБАВОК В ЦЕМЕНТ

А. Органических:

1. Пластифицированный

2. Гидрофобный

Б. Минеральных:

1. Пуццолановый

2. Шлакопортландцемент

3. Песчанистый и карбонатный

4. Для строительных растворов

Глиноземистые цементы

Химический состав:

CaO – 20 ÷ 45 %

Al_2O_3 – 30 ÷ 50 %

SiO_2 – 5 ÷ 15 %

MgO – 0,5 ÷ 1,5 %

Минералогический состав:

$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (CA)

$\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (CA₂)

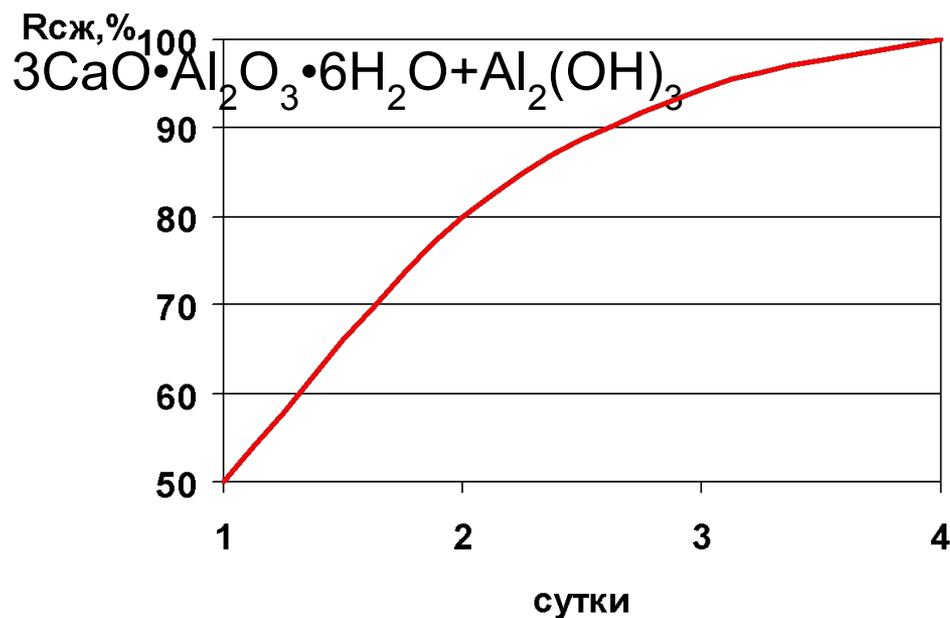
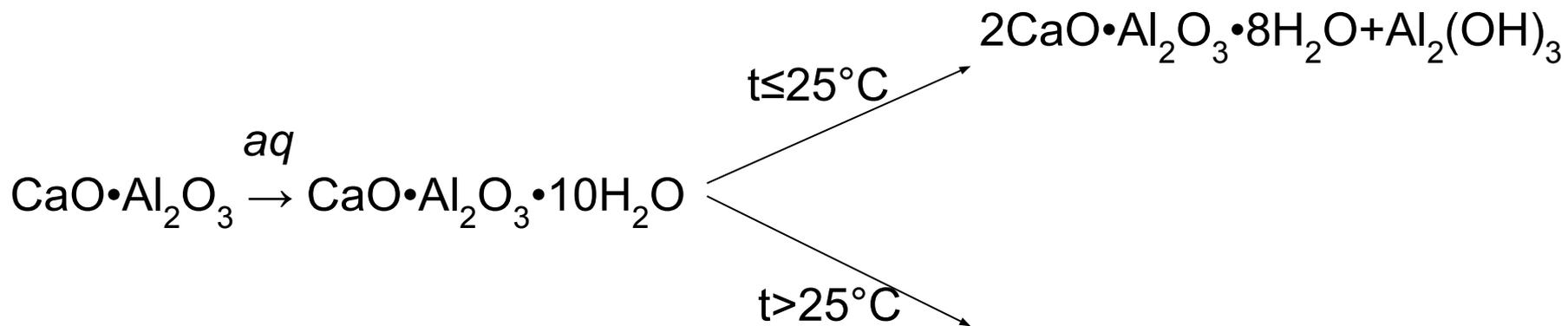
$5\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C₅A₇)

$2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (геленит)

$\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (шпинель)

Глиноземистые цементы

Твердение:





Тема: Коррозия цементного камня

Бетонные и железобетонные конструкции должны характеризоваться не только механической прочностью и устойчивостью под действием нагрузок, но и надлежащей долговечностью (стойкостью) под разрушающим (агрессивным) влиянием разнообразных внешних химических и физических факторов.

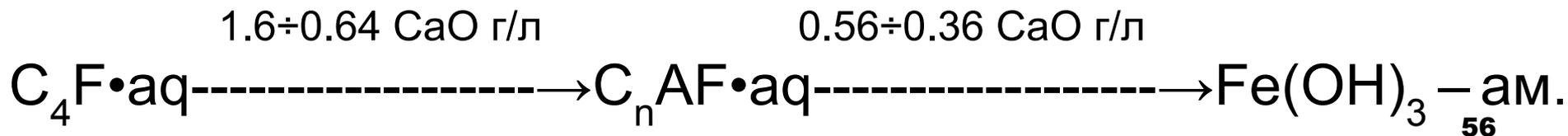
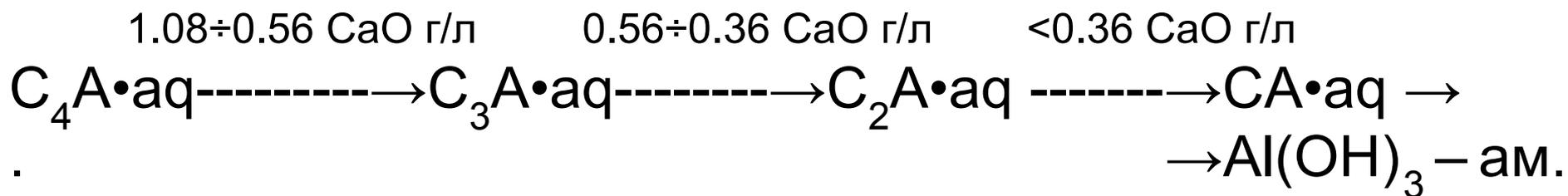
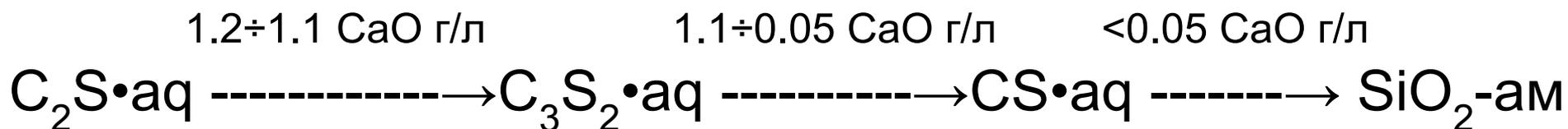
Коррозионные процессы, возникающие в цементных бетонах при действии водной среды делятся (по В. М. Москвину) на три группы.

Тема: коррозия цементного камня

Коррозия I вида – выщелачивание:

Процессы, протекающие в бетоне под действием вод с малой жесткостью. При этом некоторые составляющие цементного камня растворяются в воде и уносятся при ее фильтрации сквозь толщу бетона.

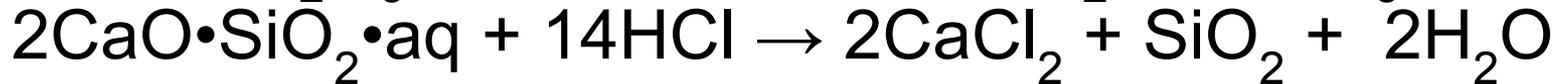
Сначала удаляется Ca(OH)_2 , далее:



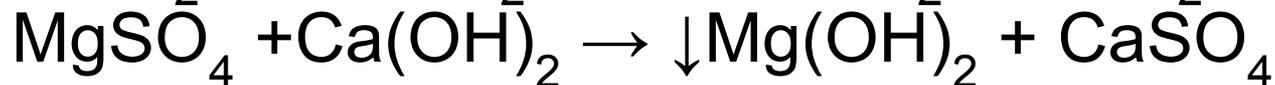
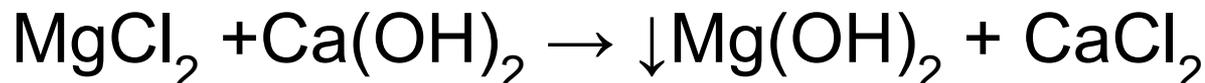
Коррозия II вида

Процессы, развивающиеся в бетоне под действием вод, содержащих вещества, вступающие в химические реакции с цементным камнем:

а) углекислотная:



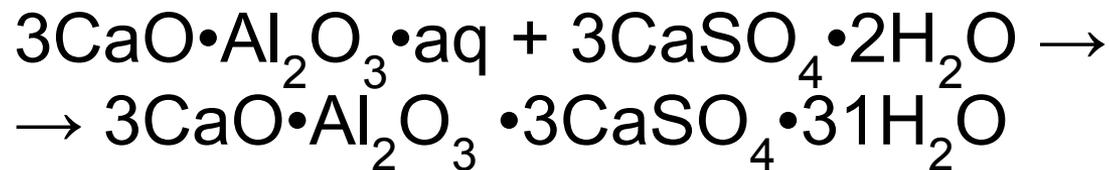
в) магниальная:



Коррозия III вида

Процессы коррозии, вызванные обменными реакциями с составляющими цементного камня, дающими продукты, которые, кристаллизуясь в порах и капиллярах, разрушают его.

Одна из разновидностей – сульфатная коррозия



$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ – гидросульфоаллюминат кальция – «цементная бацилла»

$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaCO}_3\cdot 27\text{H}_2\text{O}$ – трехкальциевый алюмокарбонат