

# МИНЕРАЛЬНЫЕ (НЕОРГАНИЧЕСКИЕ) ВЯЖУЩИЕ

*Кафедра Строительные материалы*



## Минеральные (неорганические) вяжущие

**Минеральными (неорганическими) вяжущими веществами** называются порошкообразные минеральные материалы, которые при смешивании с водой или водными растворами некоторых солей образуют пластично-вязкое тесто, способное со временем затвердевать в результате физико-химических процессов.

**Неорганические вяжущие вещества** делят на **воздушные и гидравлические.**

## Минеральные (неорганические) вяжущие

---

**Воздушные вяжущие** способны затвердевать и длительное время сохранять свою прочность только на воздухе. К таким вяжущим веществам относятся: ***строительная воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вещества, а также растворимое или жидкое стекло***, которое, как исключение из общего числа вяжущих, не относится к порошкообразным материалам.

## Минеральные (неорганические) вяжущие

---

**Гидравлические вяжущие** твердеют и длительное время сохраняют прочность не только на воздухе, но и в воде. К таким вяжущим относятся ***портландцемент, глиноземистый цемент и ряд специальных цементов.***

## Минеральные (неорганические) вяжущие

---

В отдельную группу выделяют **вяжущие автоклавного твердения** – это вещества, способные при автоклавном синтезе, происходящем в среде насыщенного водяного пара, затвердевать с образованием плотного прочного камня. В эту группу входят: ***известково-кремнеземистые, известково-золевые, известково-шлаковые вяжущие*** и др., хотя они тоже относятся к гидравлическим вяжущим.

# Минеральные (неорганические) вяжущие

---

## Схема технологии изготовления минеральных вяжущих веществ

- подготовка исходных компонентов сырья;
- дозирование;
- придание сырью удобообжигаемого состояния (с учетом производственных факторов);
- обжиг;
- помол продукта обжига – в смеси с добавками или без добавок.



---

# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

---

# *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ.*

## *ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия*

---

---

**Цементы классифицируют по следующим основным признакам:**

- *по назначению;*
- *виду клинкера;*
- *вещественному составу;*
- *прочности на сжатие;*
- *скорости твердения;*
- *срокам схватывания.*



## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

**По назначению цементы подразделяют:**

- *на общестроительные;*
- *специальные.*

**По виду клинкера цементы подразделяют на изготовленные на основе:**

- *портландцементного клинкера;*
- *глиноземистого (высокоглиноземистого) клинкера;*
- *смеси портландцементного и сульфоалюминатного (сульфоферритного) клинкера.*

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

*По вещественному составу цементы на основе портландцементного клинкера подразделяют на типы, характеризующиеся различным видом и содержанием минеральных добавок:*

- **тип I** - портландцемент, содержащий в качестве основного компонента вещественного состава только портландцементный клинкер;

- **тип II/A** - портландцемент с минеральными добавками, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер и минеральную добавку или смесь минеральных добавок в количестве от 6% до 20%;

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

- **тип II/B** - портландцемент с минеральными добавками, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер и шлак в количестве от 21% до 35%;
- **тип III** - шлакопортландцемент, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер и доменный гранулированный, электротермофосфорный или топливный шлак в количестве от 36% до 65%;
- **тип IV** - пуццолановый цемент, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер и пуццолану в количестве от 21% до 35%;

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

- **тип V** - композиционный цемент, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер и смесь шлака и пуццоланы и/или золы-уноса в количестве от 22% до 60%.

Значения допустимого содержания минеральных добавок в цементе относят к сумме основных и вспомогательных компонентов цемента (кроме гипсового камня или других материалов, содержащих в основном сульфат кальция), принятой за 100%.

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

- **тип I-C** - сульфатированный портландцемент, содержащий в качестве основного компонента портландцементный клинкер, в качестве вспомогательного компонента - сульфоалюминатный (сульфоферритный) клинкер в количестве не более 5%;
- **тип II-C** сульфатированный портландцемент, содержащий в качестве основных компонентов портландцементный клинкер, сульфоалюминатный (сульфоферритный) клинкер в количестве от 6% до 20%.

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

*По прочности на сжатие цементы подразделяют на классы: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5. В нормативных документах на цементы конкретных видов могут быть установлены дополнительные классы прочности или ограничения по применяемым классам.*

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

*По скорости твердения общестроительные цементы подразделяют на подклассы прочности:*

- **нормальнотвердеющие (Н)** с нормированием прочности в возрасте 2 (7) и 28 сут;
- **быстротвердеющие (Б)** с нормированием прочности в возрасте 2 сут, повышенной по сравнению с нормальнотвердеющими, и 28 сут;
- **медленнотвердеющие (М)** с нормированием начальной прочности в возрасте 7 (2) сут, пониженной по сравнению с нормальнотвердеющими цементами, и 28 сут.

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

*По скорости твердения общестроительные цементы подразделяют на подклассы прочности:*

- **нормальнотвердеющие (Н)** с нормированием прочности в возрасте 2 (7) и 28 сут;
- **быстротвердеющие (Б)** с нормированием прочности в возрасте 2 сут, повышенной по сравнению с нормальнотвердеющими, и 28 сут;
- **медленнотвердеющие (М)** с нормированием начальной прочности в возрасте 7 (2) сут, пониженной по сравнению с нормальнотвердеющими цементами, и 28 сут.



## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013*

---

---

*По срокам схватывания цементы подразделяют:*

- **на медленносхватывающиеся** - с нормируемым сроком начала схватывания более 2 ч;
- **нормальносхватывающиеся** - с нормируемым сроком начала схватывания от 45 мин до 2 ч;
- **быстр�схватывающиеся** - с нормируемым сроком начала схватывания менее 45 мин.

## *ЦЕМЕНТ. КЛАССИФИКАЦИЯ. ГОСТ 30515-2013.*

---

---

*Классификацию специальных цементов по назначению устанавливают в нормативных документах на эти цементы.*

*Классификацию по назначению специальных цементов устанавливают в нормативных документах на эти цементы.*

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---

---

Портландцемент – продукт тонкого измельчения клинкера, получаемого в результате равномерного обжига до спекания (при  $t=1450^{\circ}\text{C}$ ) природного сырья (мергеля) или однородной сырьевой смеси, содержащей известняк  $\text{CaCO}_3$  не менее 75% массы известняка) и глину (3:1). В процессе помола клинкера добавляют гипсовый камень в количестве до 3,5%. Клинкер представляет собой зернистый материал («горошек») серого цвета размером 10-40 мм.

Изобретение (декабрь 1824)



# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---

## Анализ и перспективы повышения качества портландцементов

*Цемент* - важнейший материал стройиндустрии, без которого невозможно получить бетоны, ежегодный объем производства которых в мире превысил 4 млрд.т.

Мировое производство цемента ежегодно увеличивается на 5-6% и составляет около 3 млрд.т.

Для России с острой нехваткой жилья и дорог производство в достаточном объеме цементов и высококачественных бетонов является стратегической задачей развития страны.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---

Согласно данным, опубликованным Федеральной Службой Государственной Статистики, объем произведенного цемента за 12 месяцев 2014 года вплотную приблизился к отметке в 70 миллионов тонн и составил 68 544,8 тысяч тонн. Это на 3,2% больше, чем за тот же период 2013 года, на 11,2% больше, чем в 2012 году, на 22,1% больше, чем в 2011 году и на 36,1% выше уровня 2010 года.

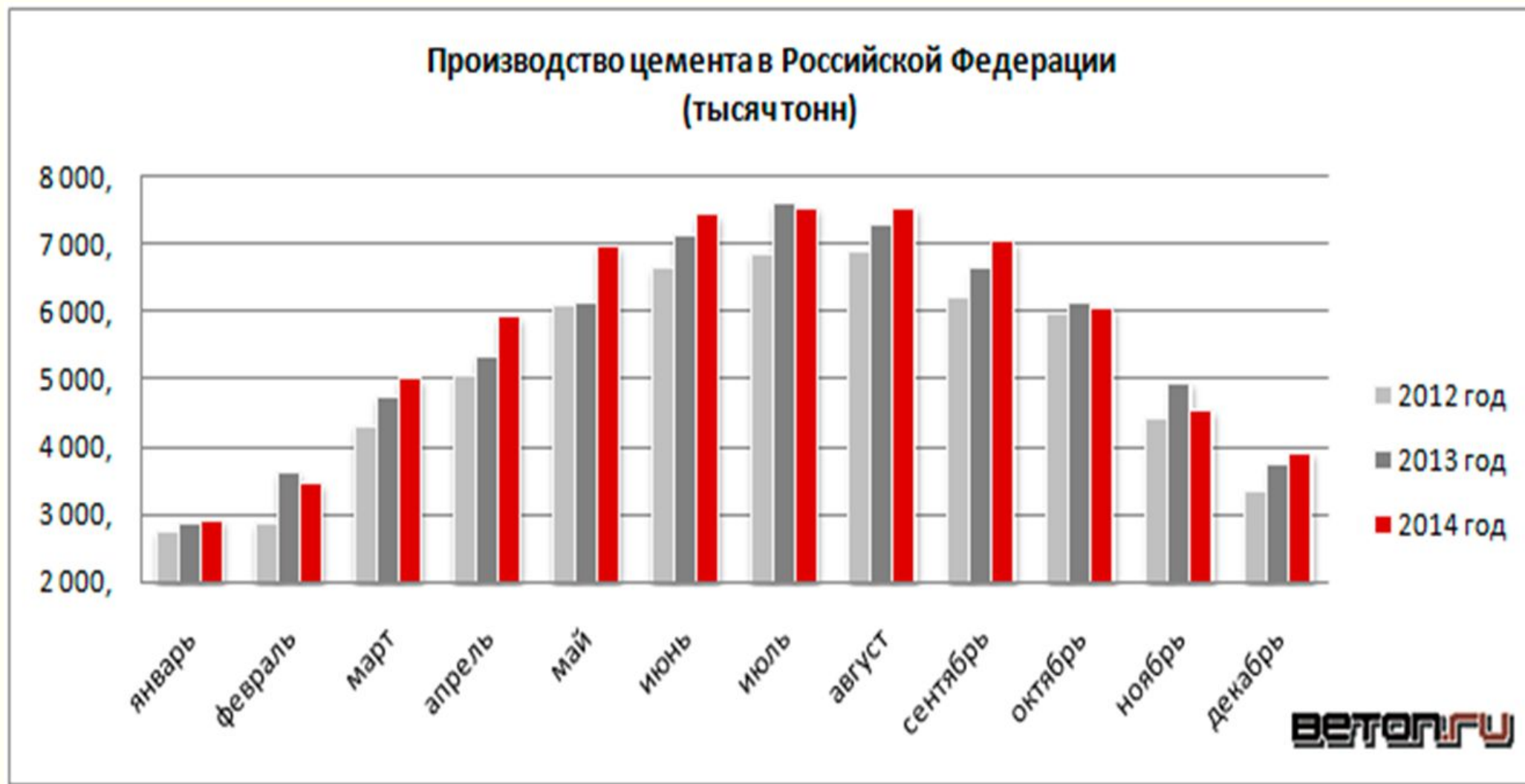


# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

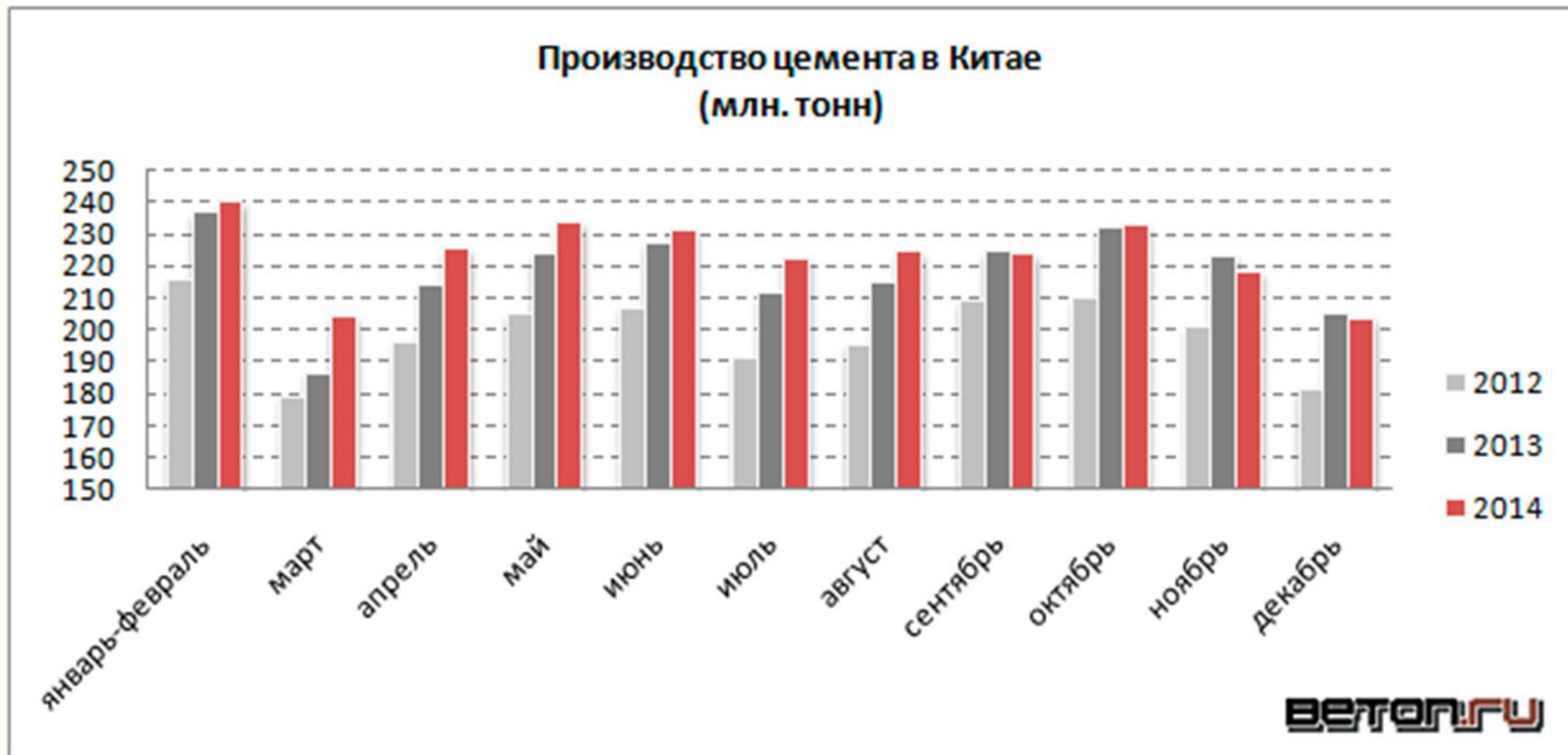


Динамика производства цемента в России в 2002-2013 гг., млн. тн и ежегодные приросты, %.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ



# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ





# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

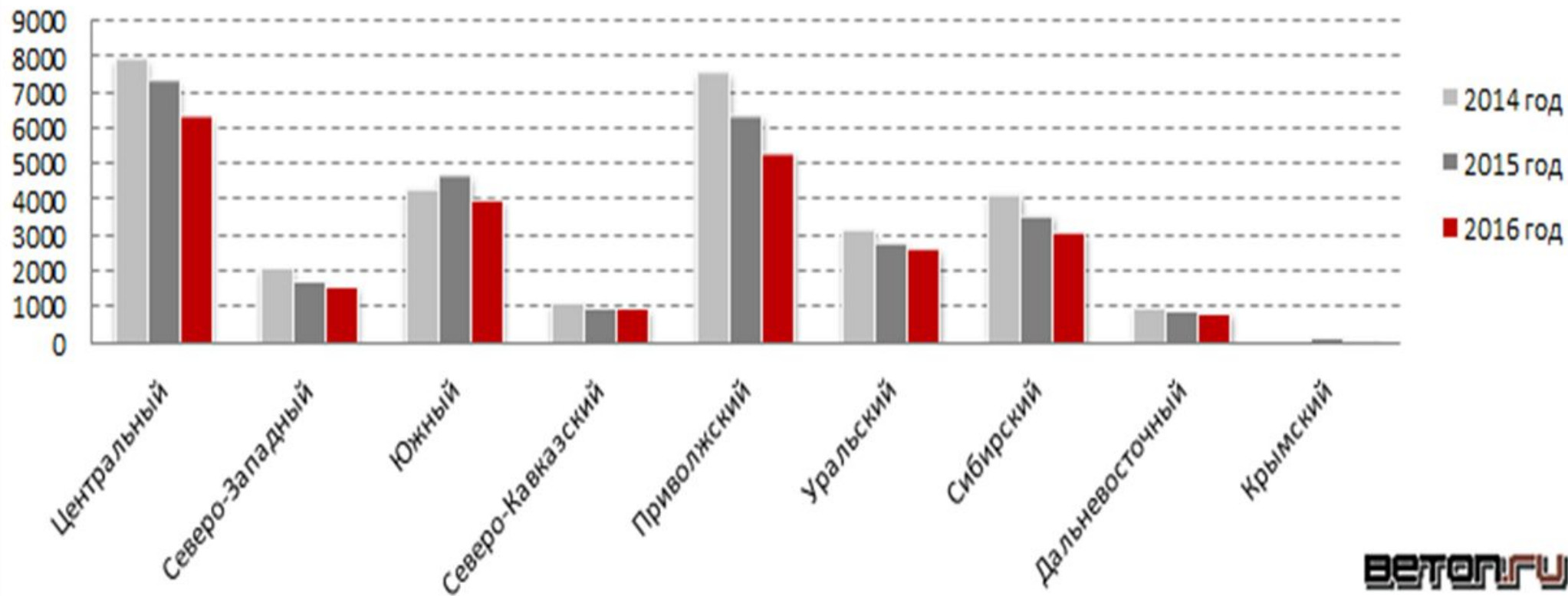
---

В первом полугодии 2016 года производство цемента в Российской Федерации составило 25 401 тысяч тонн. И это самый низкий результат за последние 5 лет. Отставание от рекордного 2014-го года составляет 20,1%, от прошлого года 12,5%.



# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

Производство цемента за первое полугодие года по федеральным округам РФ  
(тысяч тонн)



## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

В итоге за первые полгода 2016 года все округа показали снижение производства цемента по сравнению с результатами того же периода 2015 года. Более всего это заметно в Приволжском и Южном округах,  $-16,2\%$  и  $-14,4\%$  соответственно. Лучше всего дела обстоят в Северо-кавказском и Уральском округах, где спад составил всего  $1,2\%$  и  $6,1\%$  соответственно.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

**Центральный ФО** Наибольшее количество цемента было произведено в ЦФО - 25,8% от общего объема, прирост производства за год - 3,2%. Крупнейшие предприятия ЗАО «Мальцевский ЦЗ», ЗАО «Осколцемент»,

**Южный ФО** Два крупнейших ЦЗ: ЗАО «Новоросцемент», ЗАО «Себряковцемент» (Волгоградская обл.).

**Приволжский ФО** Произведено 16,5 миллионов тонн цемента (проектная мощность всех цементных предприятий в 24,7 млн. тонн), прирост производства в 13,2%, произошло благодаря вводу нового завода «Азия Цемент» в Пензенской области. Самыми мощными предприятиями являются Мордовцемент – 6.9 мил.тн и ОАО «Холсим (Рус)» (бывший Вольскцемент), входящий в холдинг Holcim.

**Сибирский ФО** Цементные заводы региона, в сумме располагают проектными мощностями 10,5 мил. тн, выпуск - 8,86 млн. тн, крупнейшие ЦЗ региона ООО «Топкинский цемент», (холдинг Сибирский цемент) и ОАО «Искитимцемент».

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

**Уральский ФО** Каждая десятая тонна цемента в 2014 году была произведена в УФО. Общий объем производства - 6,76 млн. тн при проектной мощности в 8,8 млн.тн. В УФО зафиксирован спад производства по сравнению с 2013 годом на 5,1%. Наиболее мощные предприятия: ОАО «Сухоложскцемент», входящий в группу Dyckerhoff AG и Уралцемент, который был продан в 2014 г. холдингом Lafarge Dyckerhoff AG.

**Северо-западный федеральный округ** - на 6-м месте по объемам производства, в регионе наметился существенный спад производства, приведший к тому, что отставание от суммарных результатов 2013 года в итоге составило почти 10%. Сезонность 2,42. Общий объем произведенного цемента 4,5 млн. тонна при мощностях в почти в 7,0 млн. тонн. Самые мощные заводы региона ЗАО «Пикалевский цемент»

Округом, показавшим максимальное отставание от производственных показателей 2013 года в 11,1% стал Северо-кавказский. Здесь было произведено около 2,5 миллионов тонн цемента при общей проектной мощности заводов 4,3 миллиона тонн. ЗАО «Кавказцемент»

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

ОАО "Мордовцемент" - одно из крупнейших предприятий по производству цемента в России. Основано в 1975 году. Производственная мощность завода составляет 6,9 миллиона тонн цемента в год. На долю предприятия приходится 60% от общего объема производства строительных материалов в Мордовии. "Мордовцемент" начал строить завод на базе старого имеющегося цементного производства в 2008 году. Планировалось, что выпуск продукции начнется в мае 2010 года, однако из-за финансового кризиса время ввода в эксплуатацию было отложено на более поздний срок.

Цементный завод мощностью 1,25 миллиона тонн цемента в год с объемом инвестиций более 13 миллиардов рублей.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---





# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **а) получение**

### **Схема технологии производства портландцемента.**

- добыча сырья в карьере;
- транспортировка на завод;
- приготовление сырьевой смеси – дозирование сырьевых материалов и добавок корректирующие химический состав клинкера (опока, трепел –  $\text{SiO}_2$ , колчеданных огарков –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , высокоглиноземистые глины –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .) и смешивание по выбранному способу производства:

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **1. мокрый**

Сырьевую смесь измельчают в шаровых мельницах в присутствии большого количества воды (36-42%) и получают жидкотекучую массу (шлам). При этом способе облегчается транспортирование и перемешивание сырьевой смеси, однако расход топлива на обжиг ее в печи в 1,5-2 раза больше, чем при сухом способе.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **2. сухой**

готовят сухой порошок смеси исходных материалов (сырьевая мука), который обжигают во вращающейся печи.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **3. комбинированный.**

Шлам обезвоживается до  $W=16-18\%$  и полученный «сухарь» (корж) перерабатывают в гранулы на специальных грануляторах. Комбинированный способ, по сравнению с мокрым, дает до 20-30% экономии топлива.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

- обжиг сырьевой смеси до спекания (получение клинкера) применяют шахтные и вращающиеся печи;
- охлаждение клинкера;
- помол клинкера с добавкой гипса (получение портландцемента).

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Качество клинкера определяет все свойства портландцемента, добавки же вводимые в цемент, лишь регулируют его свойства. Качество клинкера зависит от его химического и минерального состава, тщательности подбора сырьевой смеси, условий проведения ее обжига и режима охлаждения получившегося клинкера.



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## Химический состав клинкера

CaO – 63-66%	} 95-97%
SiO <sub>2</sub> – 21-24%	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 4-8%	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 2-4%	

В небольших количествах могут входить: MgO, SiO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---

---

## Минералогический состав клинкера

$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (C3S) – *алит* – самый важный минерал клинкера, определяющий быстроту твердения, прочность и другие свойства портландцемента

$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  (C2S) - *белит* – второй по важности и содержанию силикатный минерал клинкера. Он медленно твердеет, но достигает высокой прочности при длительном твердении портландцемента

Суммарное содержание в клинкере не менее 67%

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

**3CaO . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C3A)** - *трехкальцевый алюминат* –в клинкере в количестве (4-12%) –самый активный минерал клинкера, быстро взаимодействует с водой.

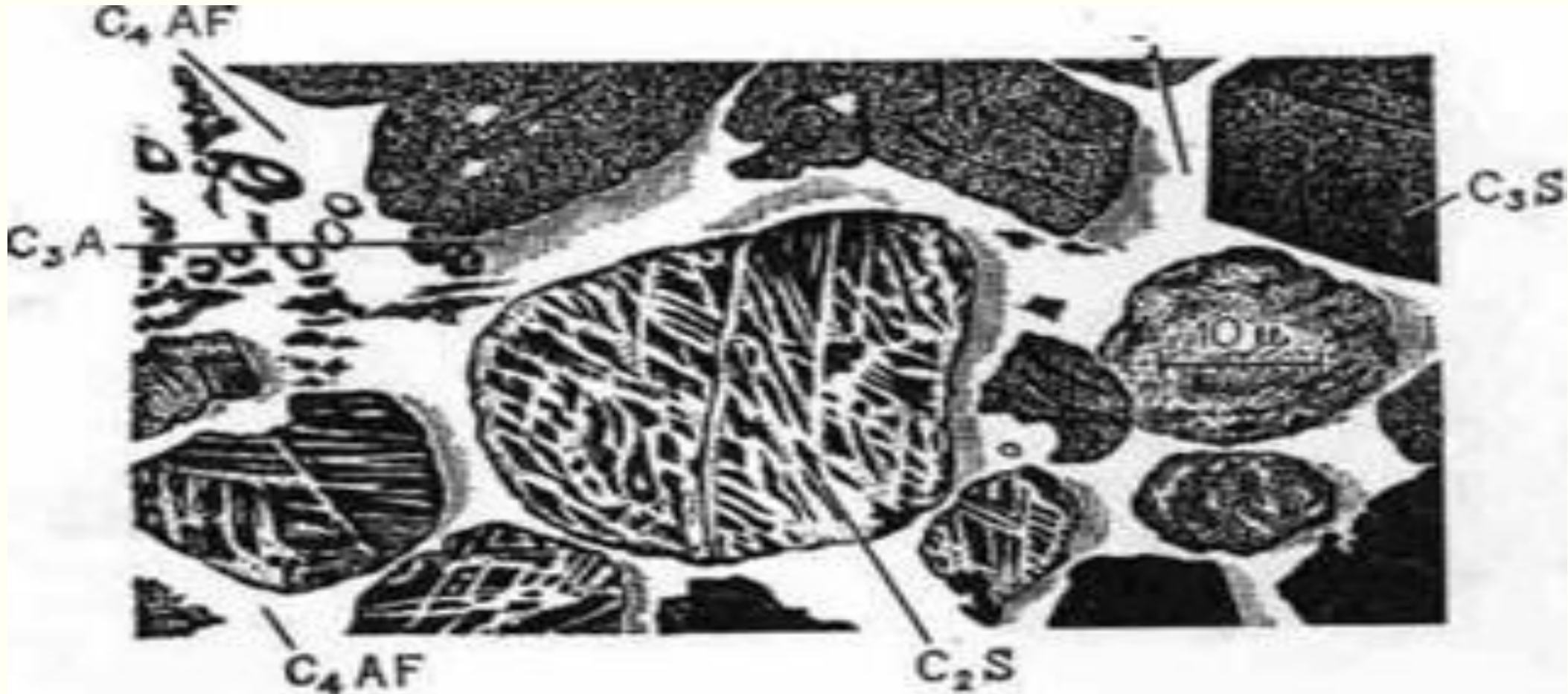
**4 CaO . Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (C4AF)** - *четырекальцевый алюмоферрит* – (10-20%). Характеризуется умеренным тепловыделением и по скорости твердения занимает промежуточное положение между C3S и C2S.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

---

---

## Минералогический состав клинкера



## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Содержание оксида магния  $MgO$  и  $CaO$  не должно превышать 5%. При более высоком содержании снижается качество цемента и может проявиться неравномерное изменение объема при твердении, связанное с переходом  $MgO$  в  $Mg(OH)_2$ .

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **б) твердение**

При затворении цемента водой образуется пластичное клейкое тесто, постепенно густеющее и приобретающее камнеподобное состояние. При этом каждый из минералов клинкера гидратирует с определенной скоростью.

Быстрее всего С3А затем С3S далее С4АF и наконец С2S.

Тонкоизмельченный клинкер характеризуется очень короткими сроками схватывания 3-5 минут.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Главная роль в этом процессе принадлежит С3А, который быстро гидратируется, а гидраты его быстро уплотняются и кристаллизуются, вызывая схватывание массы.

Однако прочность образующегося кристаллического сростка невысокая, т.к. характеризуется повышенной пористостью. Цемент «быстряк» - не успевают перемешать и уложить в форму.



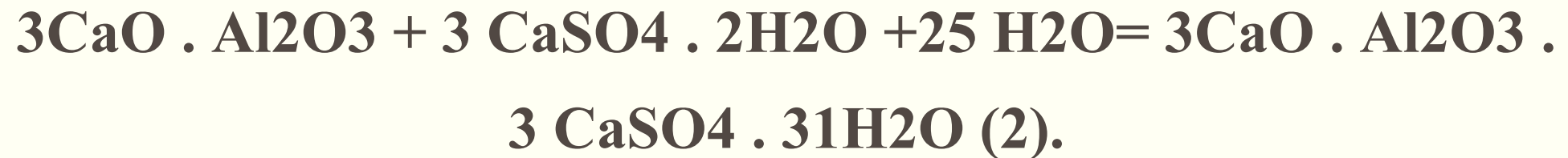
Поэтому тонко молотый клинкер в чистом виде непригоден.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Замедлитель схватывания  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



$$V(2) \gg V(1)$$

Этtringит откладывается в виде тончайших пленок на зернах цемента, которые сдерживают диффузию воды к ним, что снижает скорость гидратации и соответственно скорость схватывания. Пока не израсходуется весь гипс свободный шестиводный гидроалюминат не образуется.



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

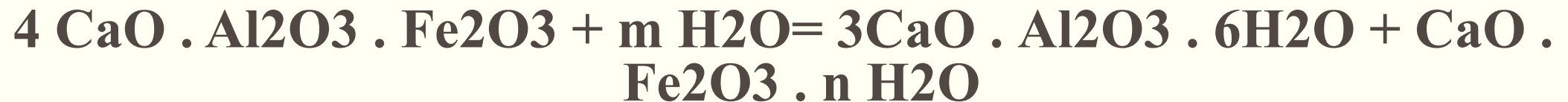
---

---

В присутствии гипса первым гидратирует C3S



Гидратация *C4AF* идет медленнее



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

еще медленнее *C2S*



и последним *C3A* по реакции (1)

для предупреждения усадочных деформаций твердение портландцемента должна проходить в воде. При высыхании рост прочности прекращается.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## **Структура цементного камня (ЦК)**

Затвердевший цементный камень микроскопически неоднородная система, состоящая из:

1. не гидратированных зерен клинкера;
2. кристаллического сростка;
3. гелеобразных масс;
4. пор в этих массах.

Количество каждой фазы изменяется со временем. При влажностном твердении непрерывно уменьшается количество 1,3,4 фаз и увеличивается 2.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

С 01 января 2008 г. все российские цементные заводы ОАО «УВРОЦЕМЕНТ групп» переходят на производство цемента по **ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия**

Одним из преимуществ стандарта **ГОСТ 31108-2003** является его гармонизованность с европейским стандартом EN 197-1, который устанавливает единые для всех стран Евросоюза (ЕС) классификацию, технические требования и методы установления соответствия качества цемента требованиям стандарта.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Стандарт **ГОСТ 31108-2003** не отменяет действующий в настоящее время **ГОСТ 10178-85**, который можно применять во всех случаях, если это технически и экономически целесообразно. При переходе производства цемента на **ГОСТ 31108-2003** возможно получать адекватную оценку качества цементов, выпускаемых в странах СНГ и ЕС.

С 1 марта 2017 года взамен **ГОСТ 31108 - 2003** вступил в силу новый **ГОСТ 31108 - 2016** «Цементы общестроительные. Технические условия».

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Основные отличия **ГОСТ 31108-2016** от действующего **ГОСТ 10178-85** сводятся к следующему:

- вместо марок введены классы прочности на сжатие, аналогичные установлены EN 197-1;
- для цементов всех классов прочности, кроме требований к прочности в возрасте 28 сут,
- дополнительно установлены нормативы по прочности в возрасте двух суток, за исключением классов 22,5Н и 32,5Н, а для цементов классов 22,5Н и 32,5Н — в возрасте 7 сут;
- для всех классов прочности, кроме класса 22,5, введено разделение цементов по скорости твердения на нормальноотвердеющие и быстротвердеющие, что позволит

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

минимизировать расход цемента в строительстве за счет его оптимального подбора по скорости твердения.

В связи с производством цемента по **ГОСТ 31108-2016**  
**Цементы общестроительные. Технические условия.**  
изменяется обозначения цементов.

Свойства цементов, производимых по **ГОСТ 31108-2016**,  
определяются по **ГОСТ 30744-2001 (EN 196-1)**.

Свойства цементов, производимых по **ГОСТ 10178-85**,  
определяются по **ГОСТ 310.1- ГОСТ 310.4**.

Согласно **ГОСТ 10178-85** прочность цемента характеризуют пределами прочности при сжатии и изгибе, маркой. По прочности подразделяют на марки 300, 400, 500, 550, 600.

## *Примеры условных обозначений*

---

---

1 Портландцемент типа ЦЕМ I класса 42.5  
быстротвердеющий:

**Портландцемент ЦЕМ / 42.5Б ГОСТ 31108—2016**

2 Портландцемент типа ЦЕМ II. подтипа в со шлаком (Ш)  
от 21 % до 35 %, класса прочности 32.5. нормальнотвердеющий:

**Портландцемент со шлаком ЦЕМ ШВ~Ш 32.5Н ГОСТ  
31108—2016**

3 Портландцемент типа ЦЕМ II. подтипа А с известняком  
(И) от 6 % до 20 %. класса прочности  
32.5, нормальнотвердеющий:

**Портландцементе известняком ЦЕМ ШАМ 32.5Н  
ГОСТ31108—2016**



## *Примеры условных обозначений*

---

4 Композиционный портландцемент типа ЦЕМ II. подтипа А с суммарным содержанием доменного гранулированного шпака (Ш). золы-уноса (З) и известняка (И) от 12 % до 20 %. класса прочности 32.5. быстротвердеющий:

**Композиционный портландцемент ЦЕМ II/A-К(Ш-ЗМ) 32.5Б  
ГОСТ 31108—2016**

5 Шлакопортландцемент типа ЦЕМ III. подтипа А с содержанием доменного гранулированного шлака от 36 % до 65 %, класса прочности 42.5, нормальнотвердеющий:

**Шлакопортландцемент ЦЕМ III/A 42.5Н ГОСТ 31108—2016**

## *Примеры условных обозначений*

---

---

6 Шлакопортландцемент типа ЦЕМ III, подтипа С с содержанием доменного гранулированного шлака от 81 % до 95 %, класса прочности 32.5, медленнотвердеющий

**Шлакопортландцемент ЦЕМ III/С 32.5М ГОСТ 31108—2016**

7 Пуццолановый цемент типа ЦЕМ IV, подтипа А с суммарным содержанием пуццоланы (П), золы\* уноса (З) и микрокремнезема (Мк) от 11 % до 35 %, класса прочности 32.5, нормальнотвердеющий:

**Пуццолановый цемент ЦЕМ IV/А (П-З-Мк) 32.5Н ГОСТ 31108—2016**

8 Композиционный цемент типа ЦЕМ V, подтипа Ас с содержанием доменного гранулированного шла\* ка (Ш) от 18 % до 30 % и золы-уноса (З) от 18 % до 30 %, класса прочности 32.5, нормальнотвердеющий:

**Композиционный цемент ЦЕМ V/А(Ш-З) 32.5НГОСТ 31108—2016**

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## Технические характеристики

**1. Минеральный состав** выражает содержание в клинкере (в % по массе) главных минералов.

**2. Вещественный состав** выражает содержание в цементе (в % по массе) основных компонентов: клинкера, гипса, минеральных добавок, пластифицирующих и гидрофобизирующих добавок, он приводится в паспорте цемента.

**3. Плотность** - 3,05-3,15. насыпная плотность в рыхлом состоянии 1100 кг/м<sup>3</sup>, у сильно уплотненного – до 1600 кг/м<sup>3</sup>, в среднем - 1300 кг/м<sup>3</sup>.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

Тонкость помола оценивается по стандарту путем просеивания предварительно высушенной пробы цемента через сито № 008 (размер ячейки в свету 0,08 мм); - остаток на сите не более 15%.

$$ТП = m(008)/m * 100\%$$

$m(008)$  – масса остатка на сите 008, гр

$m$  – масса пробы, гр

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

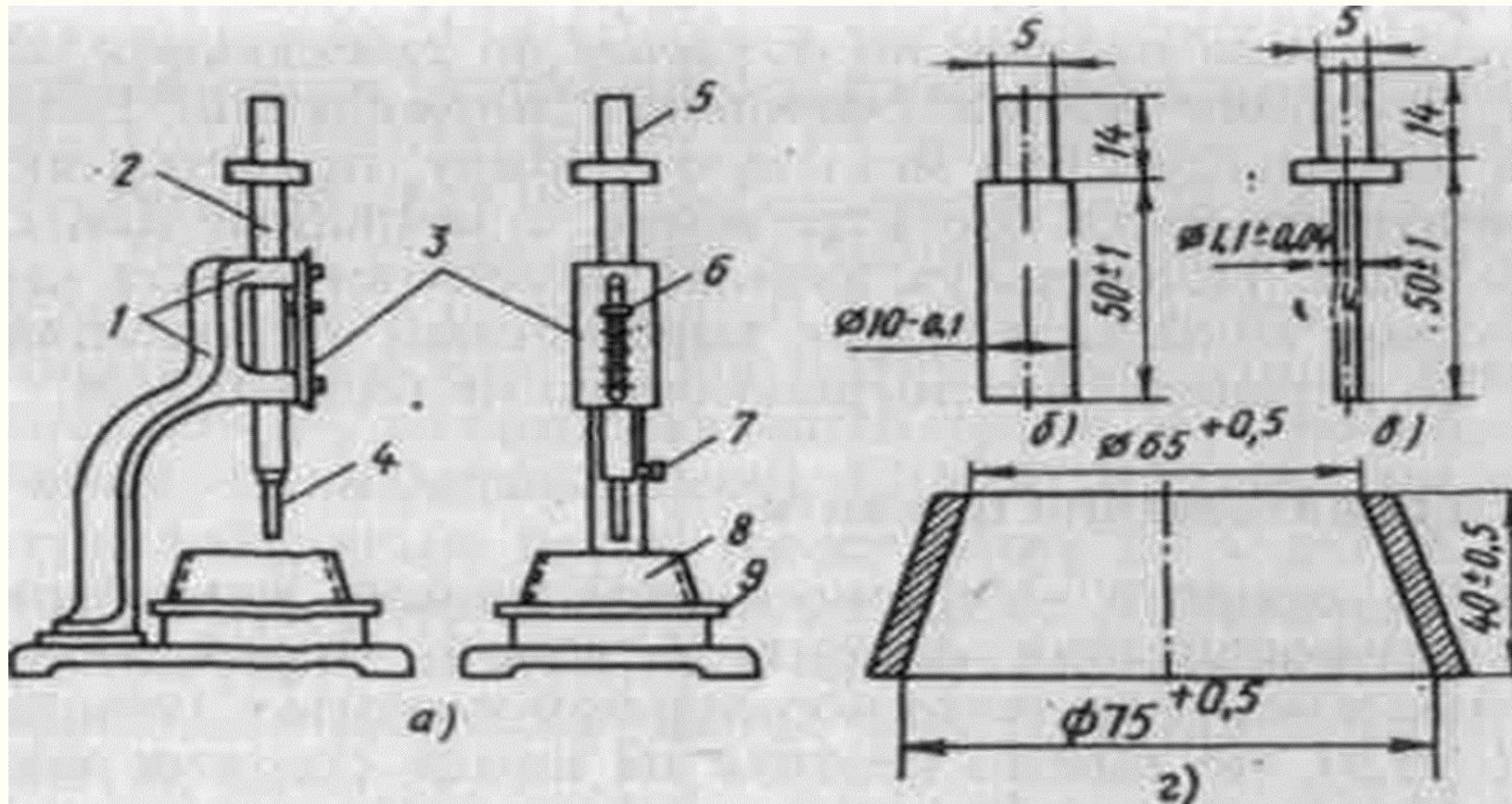
---

---

**5. *Водопотребность*** - количество воды (в % от массы цемента), которое необходимо для получения цементного теста нормальной густоты. Водопотребность п/ц в пределах от 22 до 28%. При введении активных минеральных добавок водопотребность цемента повышается и может достигнуть 32-37%.

**6. *Сроки схватывания*** – определяют с помощью прибора Вика путем погружения иглы в тесто нормальной густоты.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ



Прибор Вика (а) и приспособления к нему {б. г):

1 — станина, 2 — стержень, 3 — шкала, 4 — игла, 5 — пестик, 6 — указатель, 7 — винт, 8 — кольцо, 9 — стеклянная пластина

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## *7. Равномерность изменения объема.*

Причиной неравномерного изменения объема цементного камня являются местные деформации, вызываемые расширением свободной СаО в следствии их гидратации. По стандарту изготовленные из теста нормальной густоты образцы-лепешки через 24 ч предварительного твердения выдерживают в течение 3 ч в кипящей воде. Лепешки не должны деформироваться, не допускаются радиальные трещины.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

## *8. Активность и марка.*

*Активность* - показатель предела прочности, получаемый при испытании на осевое сжатие половинок образцов-балочек 4x4x16 см, изготовленных из цементного раствора состава 1:3 и В/Ц=0,4, в возрасте 28 суток. По активности судят о марках цемента.

*Маркой* принято именовать величину его активности, но с округлением до нижнего предела и с учетом его предела прочности при изгибе. —

*М 400, М 500, М 550, М 600.*

В соответствии с ГОСТ 31108-2016 предусматривается введение *классов цементов* (МПа): 22,5; 32,5; 42,5; 52,5.



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ*

---

---

*9. Выделение тепла при твердении.* Гидратация цемента сопровождается выделением тепла. (температурные напряжения в массивных конструкциях).

Цементы хранят отдельно по видам и маркам, смешивание разных цементов не допускается.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Коррозия цементного камня вызывается воздействием агрессивных газов и жидкостей на составные части затвердевшего портландцемента, главным образом на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Встречаются десятки агрессивных веществ, воздействующих на цементный камень и оказывающихся для него вредными.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Основные виды коррозии бетона следующие

(по В.М. Москвину):

1. разложение составляющих ЦК водой, а также растворение и вымывание (выщелачивание) образовавшегося при этом или ранее имеющегося гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
2. образование легкорастворимых солей в результате взаимодействия составляющих ЦК с веществами, находящимися в окружающей среде, а также вымывание этих солей;
3. образование в ЦК соединений, имеющих больший объем, чем исходные продукты реакции, что приводит к внутренним напряжениям и образованию трещин в бетоне.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

## Коррозия I вида

Выщелачивание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  происходит интенсивно при действии мягких вод, содержащих мало растворенных веществ. К ним относятся воды оборотного водоснабжения, конденсат, дождевые воды, воды горных рек и равнинных рек в половодье, болотная вода. Содержание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в цементном камне через 3 месяца твердения составляет 10-15% (считая на  $\text{CaO}$ ).

После его вымывания и в результате уменьшения концентрации  $\text{CaO}$  (менее 1,1 г/л) начинается разложение гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. Выщелачивание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в количестве 15-30% от общего содержания в цементном камне вызывает понижение его прочности на 40-50% и более. Выщелачивание можно заметить по появлению белых подтеков на поверхности бетона.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Отложение карбоната кальция



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Для ослабления коррозии выщелачивания ограничивают содержание

$C_3S$  ( $3CaO \cdot SiO_2$ ) в клинкере до 50%.

Главным средством борьбы с выщелачиванием  $Ca(OH)_2$  является введение активных минеральных добавок и применение плотного бетона. Процесс выщелачивания гидроксида кальция замедляется когда на поверхностном слое бетона образуется малорастворимый  $CaCO_3$  в следствии карбонизации  $Ca(OH)_2$  при взаимодействии с  $CO_2$  воздуха. Выдерживание на воздухе бетонных блоков и свай, применяемых для сооружений оснований, а также портовых и др. гидротехнических сооружений повышает их стойкость.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

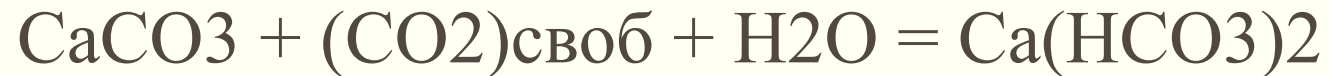
---

---

## Коррозия II вида

### 1. Углекислотная коррозия

развивается при действии на цементный камень воды, содержащей диоксид углерода, который разрушает  $\text{CaCO}_3$  на поверхности вследствие образования хорошо растворимого бикарбоната кальция по реакции:

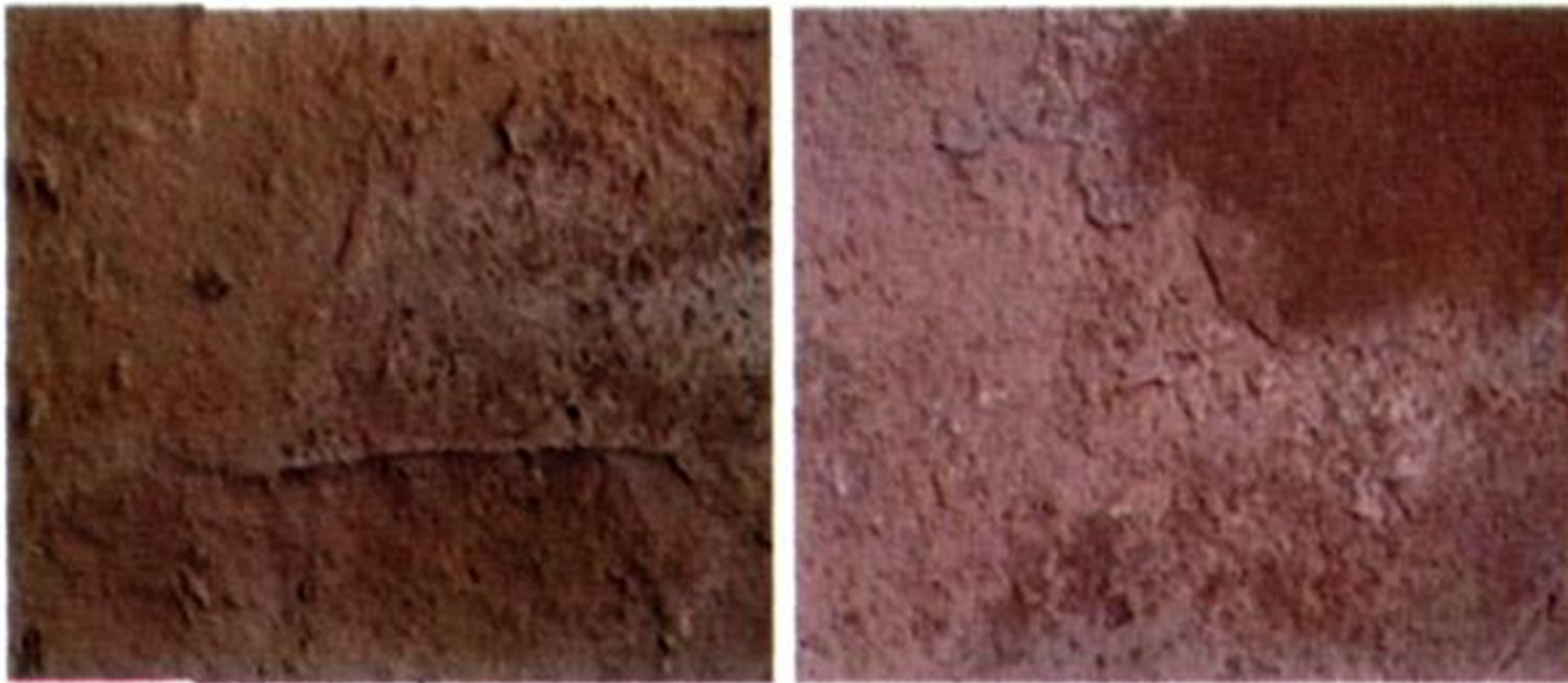


# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Разрушение бетонных конструкций в результате углекислотной коррозии





# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

## 2. Общекислотная коррозия

происходит при действии растворов любых кислот, имеющих значение  $\text{pH} < 7$ ; исключение составляет поликремневая и кремнефтористоводородная кислоты.

Свободные кислоты встречаются в сточных водах промышленных предприятий, они могут проникать в почву и разрушать бетонные фундаменты, коллекторы и др. подземные сооружения.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

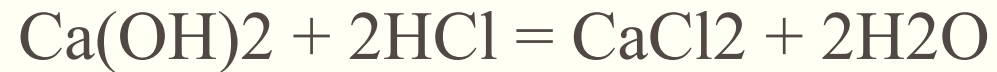
Кислота образуется также из сернистого газа, выходящего из топок. В атмосфере промышленных предприятий, кроме SO<sub>2</sub> могут содержаться ангидриты других кислот, а также хлор и хлористый водород. При растворении его во влаге, адсорбированной на поверхности железобетонных конструкций, образуется кислота соляная.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Кислота вступает в химическое взаимодействие с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , при этом образуются растворимые соли (например  $\text{CaCl}_2$ ) и соли, увеличивающиеся в объеме ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ):



Кроме того, кислоты могут разрушать и силикаты кальция.

Бетон на портландцементе защищают от непосредственного действия кислот с помощью защитных слоев из кислотостойких материалов.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

## 3. Магнезиальная коррозия

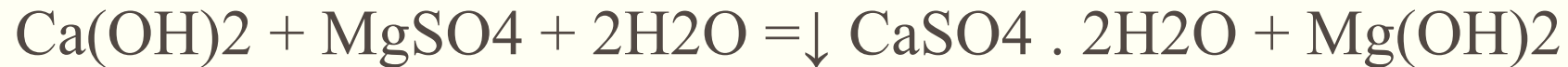
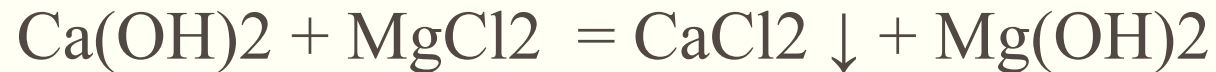
наступает при взаимодействии на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  магнезиальных солей, которые встречаются в растворенном виде в грунтовых водах и всегда содержатся в большом количестве в морской воде.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

Разрушение цементного камня вследствие реакции обмена протекает по реакциям:



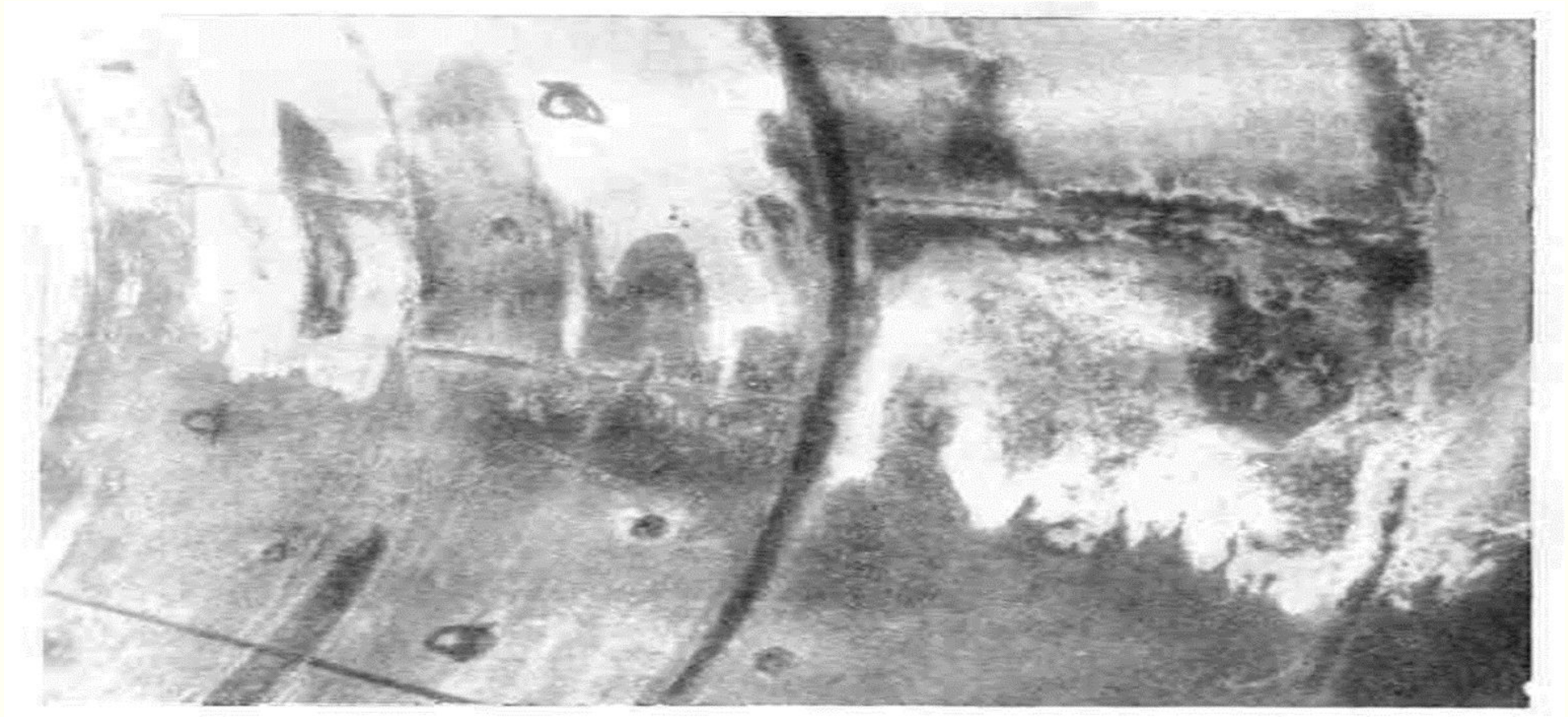
В результате образуется растворимая соль (хлористый кальций или двуводный сульфат кальция), вымываемая из бетона.

Гидроксид магния  $\text{Mg(OH)}_2$  представляет бесвязную массу, не растворимую в воде, поэтому реакция идет до полного израсходования  $\text{Ca(OH)}_2$

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

Отложение солей и продуктов коррозии на железобетонных блоках тоннеля



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ.*

---

---

## 4. Коррозия под действием минеральных удобрений

Особенно вредны для бетона аммиачные удобрения – аммиачная селитра и сульфат аммония.

Аммиачная селитра, состоящая в основном из нитрата аммония  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , подвергается гидролизу и поэтому дает в воде кислую реакцию.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

Нитрат аммония действует на гидроксид кальция:



Образующийся нитрат кальция хорошо растворяется в воде и вымывается из бетона. Хлористый калий КСl повышает растворимость Ca(OH)<sub>2</sub> и ускоряет коррозию.

Из числа фосфорных удобрений агрессивен суперфосфат, состоящий в основном из монокальциевого фосфата Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> и гипса, но содержащий еще и некоторое количество свободной фосфорной кислоты H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

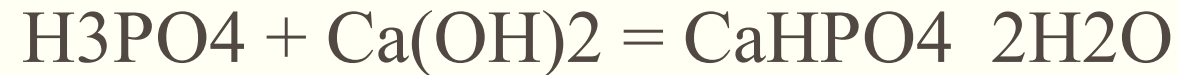


## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

Гипс вызывает сульфатную коррозию Ц.К. содержащийся в суперфосфате монокальцевый фосфат и фосфорная кислота (эти соединения хорошо растворимы в воде) реагирует с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Ц.К. следующим образом:



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

## *5. Коррозия под влиянием органических веществ*

Кислоты, как и неорганические, быстро разрушают цементный камень. Большой агрессивностью отличаются уксусная, молочная и винная кислоты. В помещениях животноводческих комплексов (коровниках, свинарниках и т.п.), как правило, бывает влажная атмосфера и специфические коррозионные воздействия.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

- Жирные насыщенные и ненасыщенные кислоты (олеиновая ( $C_{18}H_{34}O_2$ ), стеариновая ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) и др) разрушают цементный камень, т.к. при действии  $Ca(OH)_2$  они омыляются. Поэтому вредны и масла, содержащие кислоты жирного ряда: льняное, хлопковое, а также рыбий жир.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

Нефть, нефтяные продукты (керосин, бензин, мазут, нефтяные масла) не представляют опасности для бетона, если они не содержат нефтяных кислот или соединений серы.

Однако надо учитывать, что нефтепродукты легко проникают через бетон. Продукты разгонки каменноугольного дегтя, содержащие фенол, могут агрессивно влиять на бетон.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

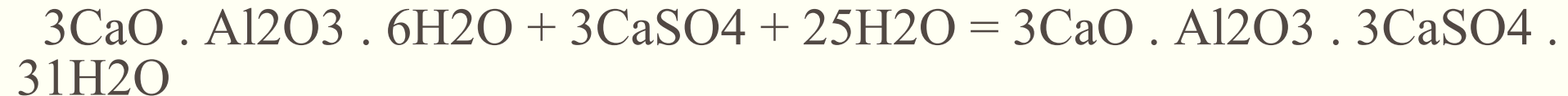
---

---

## *Коррозия III вида*

### *1. Сульфоалюминатная коррозия*

возникает при действии на гидроалюминат цементного камня воды (морской, грунтовых и др минерализованных вод) содержащей сульфатные ионы:



Образование в порах цементного камня малорастворимого этtringита сопровождается увеличением объема примерно в 2 раза.

## *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

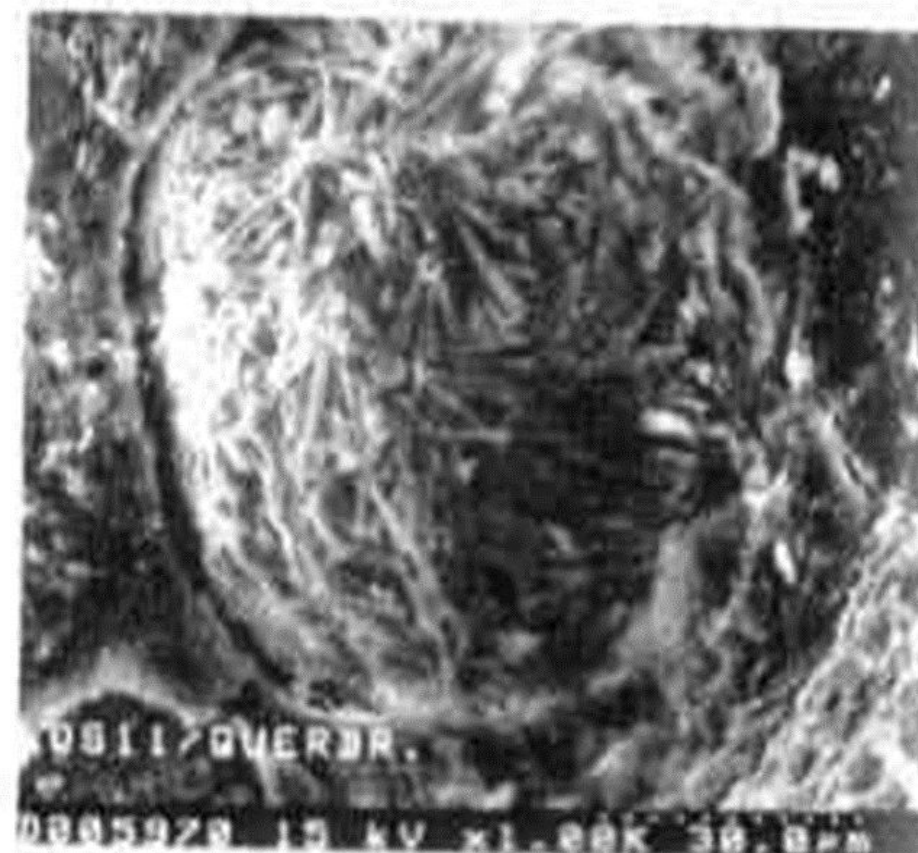
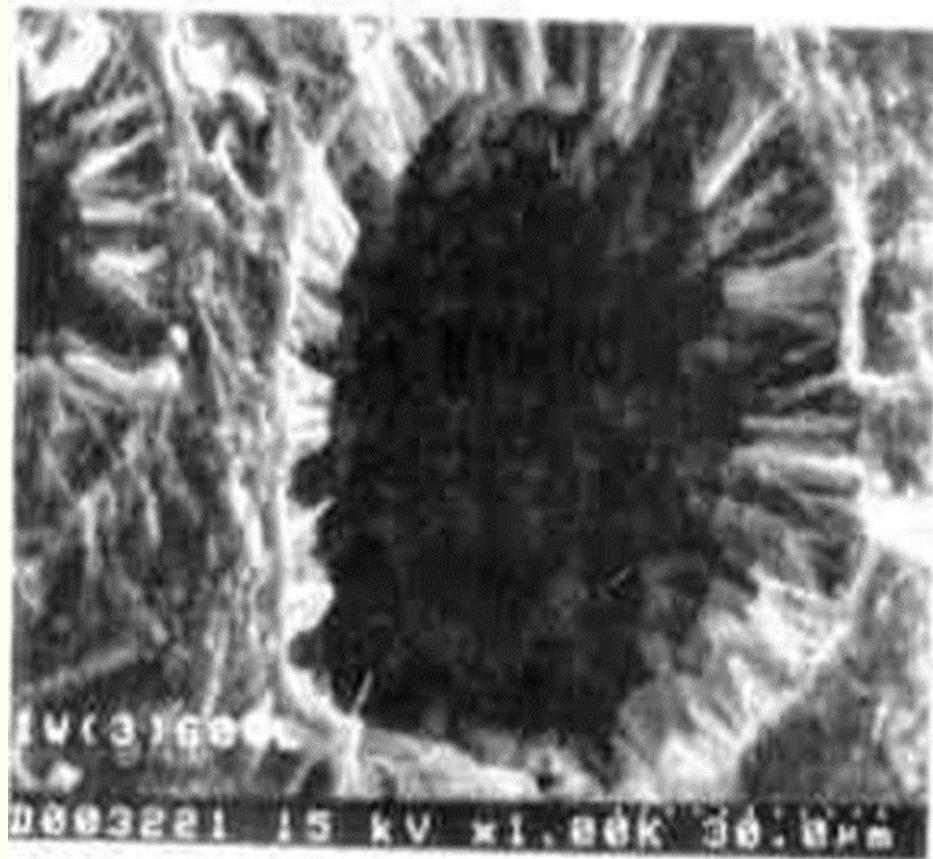
Развивающиеся в порах кристаллизационное давление приводит к растрескиванию защитного слоя бетона. Вслед за этим происходит коррозия стальной арматуры, усиление растрескивания бетона и разрушение конструкции.

С сульфоалюминатной коррозией надо считаться при строительстве морских сооружений. Вместе с тем могут оказаться агрессивными сточные воды промышленных предприятий, а также грунтовые воды. Для борьбы с сульфоалюминатной коррозией применяется специальный сульфатостойкий портландцемент.

# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

Кристаллы этtringита в порах бетона



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

## *2. Щелочная коррозия*

может происходить в двух формах: под действием концентрированных растворов щелочей на затвердевший цементный камень и под влиянием щелочей, имеющих в самом цементе. Если бетон насыщается раствором щелочи (едкого натрия или калия  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ), а затем высыхает, то под влиянием углекислого газа в порах бетона образуется сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , которые, кристаллизуясь, расширяются в объеме и разрушают цементный камень.

- Сильнее разрушается от действия сильных щелочей цемент с высоким содержанием алюминатов кальция.
- Щелочная коррозия встречается на предприятиях основной химии.



# *ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ. КОРРОЗИЯ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ*

---

---

## 3. Коррозия, вызываемая щелочами цемента

происходит вследствие процессов, протекающих внутри бетона, между его компонентами. В составе цементного клинкера всегда содержится разное количество щелочных соединений. В составе заполнителей бетона, в особенности в песке, встречаются реакционно-способные модификации кремнезема: опал, халцедон, вулканическое стекло. Они вступают при обычной температуре в разрушительные для бетона реакции со щелочами цемента. В результате образуются набухающие студенистые отложения белого цвета на поверхности зерен реакционно-способного заполнителя, появляется сеть трещин, поверхность бетона местами вспучивается и шелушится. Разрушение бетона может происходить через 10-15 лет после окончания строительства.