



ИнфоМайн 

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности

Обзор рынка цементного сырья и производство цемента в России

Демонстрационная версия

*Москва
Апрель, 2010*

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	9
ВВЕДЕНИЕ	10
1. Теоретические основы и современные технологии производства цемента	13
1.1. Традиционный способ производства цемента, виды цементного клинкера	13
1.2. Альтернативные способы производства цемента	22
1.2.1. Производство бесклинкерного цемента на основе гидравлического шлака	23
1.2.2. Производство бесклинкерного цемента на основе доменных шлаков.....	26
1.2.3. Производство бесклинкерного цемента на основе нефелинового (белитового) шлама.....	29
2. Сырье для цементной промышленности	32
2.1. Характеристика используемого в цементной промышленности сырья, требования к его качеству.....	32
2.2. Добыча, доставка, хранение цементного сырья	41
2.3. Оборудование для подготовки цементного сырья	43
2.4. Состояние запасов сырья для цементной промышленности в России.....	50
2.4.1. Региональная структура размещения запасов цементного сырья.....	50
2.4.2. Региональная структура размещения запасов карбонатного сырья для цементной промышленности.....	53
2.4.3. Региональная структура размещения запасов гипса и ангидрита.....	57
2.5. Наличие и запасы сырьевой базы ведущих российских производителей цемента.....	60
3. Добыча и направления поставок цементного сырья	65
3.1. Объемы добычи карбонатного сырья	65
3.1.1. Статистика добычи известняка в России в 2000-2009 гг.	65
3.1.2. Статистика добычи мела в России в 2000-2009 гг.	69
3.2. Структура добычи карбонатного сырья для производства цемента	72
3.3. Объемы и направления поставок корректирующих и минеральных добавок.....	73
3.3.1. Добыча гипсового камня, объемы и направления поставок данного сырья для производства цемента в России в 2000-2009 гг.	73
3.3.2. Объемы и направления поставок некоторых корректирующих и минеральных добавок для производства цемента в России в 2007-2009 гг.	77
4. Обзор цен на цементное сырье в России	79
4.1. Цены на известняк некоторых производителей в 2009 г.	79
4.2. Цены на мел в России в 2003-2009 гг.	80
4.3. Цены на гипсовый камень в России в 2004-2009 гг.	81
5. Потребление цементного сырья, производство цемента в России	83
5.1. Статистика производства цемента в 2000-2009 гг.	83
5.2. Характеристика ведущих производителей цемента.....	92
ЗАО "Евроцемент групп"	92
ОАО "Мальцовский портландцемент" (Брянская обл.).....	95
ЗАО "Осколцемент" (Белгородская обл.)	96
ОАО "Кавказцемент" (Респ. Карачаево-Черкесия)	97
ЗАО "Белгородский цемент" (Белгородская обл.)	98
ОАО "Липецкцемент" (Липецкая обл.).....	99
ОАО "Михайловский цементный завод" ("Михайловцемент") (Рязанская обл.)	100
ОАО "Невьянский цементник" (Свердловская обл.)	102
ОАО "Ульяновскцемент" (Ульяновская обл.)	102

ЗАО "Пикалевский цемент" (Ленинградская обл.)	104
ОАО "Жигулевские стройматериалы" (Самарская обл.)	106
ОАО "Катавский цемент" (Катав-Ивановский цементный завод, Челябинская обл.)	108
ОАО "Савинский цементный завод" (Архангельская обл.)	109
ОАО "Подгоренский цементник" (Воронежская обл.)	110
ОАО "Новоросцемент"	111
ОАО "Мордовцемент" (Респ. Мордовия)	114
Группа компаний "Росгражданреконструкция"	117
ОАО "Себряковцемент" (Волгоградская обл.)	117
ОАО "Холдинговая компания "Сибирский цемент"	120
ООО "Топкинский цемент" (Кемеровская обл.)	123
ООО "Красноярский цемент" (Красноярский край)	124
ООО "Тимлюйский цементный завод" (Респ. Бурятия)	125
LaFarge (Франция)	127
ОАО "Воскресенскцемент" (Московская обл.)	128
ОАО "Уралцемент" (Челябинская обл.)	129
Holcim (Швейцария)/ОАО "Альфа-Цемент"	130
ОАО "Вольскцемент" (Саратовская обл.)	130
ОАО "Щуровский цемент" (Московская обл.)	132
ООО "РАТМ-Цемент Холдинг"	134
ОАО "Искитимцемент" (Новосибирская обл.)	134
ООО "Ангарскцемент" (Иркутская обл.)	137
Buzzi Unicem (Италия)	139
ОАО "Сухоложскцемент" (Свердловская обл.)	139
ООО "Парк Групп"	141
ОАО "Спаскцемент" (приморский край)	141
ОАО "Теплоозерский цементный завод" (Еврейская АО)	143
ОАО "Сода" (Республика Башкортостан)	145
ТОО "Caspian Resources" (Казахстан)	147
ОАО "Новотроицкий цементный завод" (Оренбургская обл.)	147
ООО ПК "Кузнецкий цементный завод" (Кемеровская обл.)	148
Группа компаний "БазэлЦемент"	149
ООО "Ачинский цемент" (Красноярский край)	150
ОАО "Горнозаводскцемент" (Пермский край)	151
5.3. Реализуемые проекты	153

6. Прогноз производства цемента и добычи цементного сырья в России на период до 2015 г. 158

6.1. Ситуационный анализ и прогноз развития цементной отрасли в России на период до 2015 г.	158
6.2. Прогноз добычи цементного сырья на период до 2015 г.	163

Приложение 1 Адреса и телефоны цементных заводов	165
Приложение 2 Классификации цементов и требования, предъявляемые к ним Государственными стандартами	169

Список таблиц

- Таблица 1. Сравнительная характеристика основных параметров производства бесклинкерного цемента и традиционного портландцемента
- Таблица 2. Типичный химический состав доменного шлака
- Таблица 3. Группировка известково-доломитовых пород (по С. Г. Вишнякову)
- Таблица 4. Группировка карбонатно-глинистых пород в цементной промышленности России
- Таблица 5. Сортность и нормируемые показатели качества камня гипсового и гипсоангидритового для производства вяжущих материалов и цемента
- Таблица 6. Показатели активности различных минеральных добавок к клинкеру, мг СаО/г
- Таблица 7. Требования к химическому составу доменных гранулированных шлаков для производства цемента
- Таблица 8. Нормы запасов цементного сырья на заводах, сутки
- Таблица 9. Технические характеристики штабелеукладчиков производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 10. Технические характеристики штабелеразборщиков производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 11. Технические характеристики глиноболтушек производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 12. Технические характеристики смесителей шламовых производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 13. Технические характеристики щековых дробилок производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 14. Технические характеристики двухвалковых зубчатых дробилок производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 15. Технические характеристики однороторных молотковых дробилок производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 16. Технические характеристики однороторных дробилок производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 17. Технические характеристики трубных шаровых сырьевых мельниц производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 18. Технические характеристики тсушильных барабанов производства ОАО "Волгоцеммаш"
- Таблица 19. Географическое размещение балансовых запасов цементного сырья в России
- Таблица 20. Главнейшие месторождения цементного сырья РФ
- Таблица 21. Географическое размещение балансовых запасов известняков для производства цемента
- Таблица 22. Крупнейшие месторождения известняков России
- Таблица 23. Географическое размещение балансовых запасов мела в России
- Таблица 24. Крупнейшие месторождения мела в России
- Таблица 25. Крупнейшие разрабатываемые месторождения гипса и ангидрита в РФ
-

- Таблица 26. Сырьевая база ведущих российских производителей цемента
- Таблица 27. Объемы и направления поставок цементного клинкера основным производителям цемента в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 28. Объемы добычи известняка крупнейшими цементными заводами в 2000-2009 гг.
- Таблица 29. Объемы добычи мела крупнейшими цементными заводами в 2008-2009 гг., тыс. т
- Таблица 30. Добыча гипсового камня российскими предприятиями в 2002-2009 гг., тыс. т
- Таблица 31. Объемы и направления поставок гипсового камня для производства цемента в 2007-2009 гг., тыс. т
- Таблица 32. Объемы и направления ж/д поставок бокситов для производства цемента в 2007-2009 гг., т
- Таблица 33. Объемы и направления ж/д поставок флюоритовой руды для производства цемента в 2007-2009 гг., т
- Таблица 34. Объемы и направления ж/д поставок лигносульфанатов для производства цемента в 2007-2009 гг., т
- Таблица 35. Цены на известняк некоторых российских предприятий во втором полугодии 2009 г., руб/т
- Таблица 36. Цены на мел некоторых российских предприятий в 2009-2010 гг., руб/т
- Таблица 37. Цены на гипсовый камень некоторых российских предприятий в 2009-2010 гг., руб/т
- Таблица 38. Доля производства цемента сухим способом в общем объеме выпуска цемента в России в 1998-2009 гг., %
- Таблица 39. Производство цемента основными российскими заводами в 2000-2009 гг., тыс. т
- Таблица 40. Структура производства цемента основными холдингами и независимыми предприятиями в 2006-2009 гг., %
- Таблица 41. Цементные заводы, входящие в состав холдинга "Евроцемент групп"
- Таблица 42. Некоторые финансовые показатели деятельности холдинга "Евроцемент групп" в 2002-2008 гг.
- Таблица 43. Региональная структура сбыта продукции ОАО "Новоросцемент" в 2001-2009 гг., %
- Таблица 44. Некоторые финансовые показатели ОАО "Новоросцемент" в 2001-2009 гг., %
- Таблица 45. Региональная структура сбыта продукции ОАО "Мордовцемент" в 2003-2009 гг., %
- Таблица 46. Некоторые финансовые показатели ОАО "Мордовцемент" в 2001-2009 гг., %
- Таблица 47. Региональная структура сбыта продукции ОАО "Себряковцемент" в 2002-2009 гг., %

- Таблица 48. Основные показатели работы ОАО "Себряковцемент" в 2006-2009 гг., %
- Таблица 49. Цементные заводы, входящие в состав холдинга "Сибирский цемент"
- Таблица 50. Некоторые финансовые показатели деятельности холдинга "Сибирский цемент" в 2002-2008 гг., млрд руб.
- Таблица 51. Некоторые финансовые показатели деятельности холдинга ОАО "Лафарж цемент" в 2007-2009 гг., млрд руб.
- Таблица 52. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Вольскцемент" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 53. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Щуровский цемент" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 54. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Искитимцемент" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 55. Изменения цен на основное сырье (материалы) в течение 1 кв. 2009 г. по сравнению с соответствующим периодом 2008 г. в ОАО "Искитимцемент" в 2004-2009 гг.
- Таблица 56. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Сухоложскцемент" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 57. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Теплоозерский цементный завод" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 58. Некоторые финансовые показатели ОАО "Сода" в 2004-2009 гг.
- Таблица 59. Некоторые финансовые показатели деятельности ОАО "Новотроицкий цементный завод" в 2004-2009 гг., млн руб.
- Таблица 60. Реализуемые инвестиционные проекты в цементной промышленности
- Таблица 61. Выполнение работ по договорам строительного подряда в России в 2000-2009 гг., млрд руб.
- Таблица 63. Классификация цементов по вещественному составу согласно ГОСТ 31108
- Таблица 64. Массовая доля минеральных добавок в цементах согласно ГОСТ 10178-85

Список рисунков

- Рисунок 1. Динамика мирового производства цемента и объемы выпуска данной продукции основным мировым производителем в 2003-2008 гг., млн т
- Рисунок 2. Структура мирового производства цемента по странам-производителям в 2008 г., %
- Рисунок 3. Принципиальная технологическая схема производства цемента сухим способом
- Рисунок 4. Принципиальная технологическая схема производства цемента мокрым способом
- Рисунок 5. Конструкция вращающейся печи
- Рисунок 6. Распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи
- Рисунок 7. Схема производства бесклинкерного цемента на основе специального гидравлического шлака
- Рисунок 8. Принципиальная технологическая схема производства бесклинкерных цементов на основе доменных шлаков
- Рисунок 9. Принципиальная технологическая схема комплексной переработки нефелинового концентрата способом спекания
- Рисунок 10. Динамика добычи известняка в России в 2000-2009 гг., млн т
- Рисунок 11. Доли крупнейших производителей цемента в общероссийской добыче известняка для цементной промышленности в 2009 г., %
- Рисунок 12. Динамика добычи мела в России в 2000-2009 гг., млн т
- Рисунок 13. Структура добычи карбонатного сырья для производства цемента в России в 2009 г., %
- Рисунок 14. Динамика добычи гипсового камня в России в 2000-2009 гг., млн т
- Рисунок 15. Динамика средних цен на мел в России в 2002-2010 гг. без НДС, руб/т
- Рисунок 16. Динамика средних цен на гипсовый камень в России в 2004-2010 гг. без НДС, руб/т
- Рисунок 17. Динамика производства цемента в России в 2002-2009 гг., млн т
- Рисунок 18. Региональная структура производства цемента в России в 2007-2009 гг., %
- Рисунок 19. Доли крупнейших производителей цемента в России в общероссийском выпуске в 2008-2009 гг., %
- Рисунок 20. Прогноз производства цемента в России в 2010-2015 гг., млн т
- Рисунок 21. Прогноз добычи известняка цементными заводами в России в 2010-2015 гг., млн т
- Рисунок 22. Прогноз мела цементными заводами в России в 2010-2015 гг., млн т

Аннотация

Настоящий отчет посвящен исследованию рынка цементного сырья и производства цемента в России. Отчет состоит из 6 глав, содержит 172 страницы в том числе: 22 рисунка, 64 таблицы и 2 приложения.

Данная работа является кабинетным исследованием. В качестве источников информации использовались данные Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ – выпуск "Цементное сырье", Росстата, официальной статистики железнодорожных перевозок, Федеральной таможенной службы РФ, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов предприятий-производителей цемента.

В первой главе отчета исследованы теоретические основы и современные технологии производства цемента.

Вторая глава посвящена характеристике сырья для выпуска цемента, описанию оборудования, необходимого для подготовки основного сырья. Также в данной главе дана оценка состояния сырьевой базы цементной промышленности в РФ. Приведены данные о запасах цементного сырья, региональной структуре их размещения, а также сведения о сырьевой базе ведущих российских производителей цемента.

В третьей главе отчета представлена статистика добычи, а также данные об объемах и направлениях поставок основных сырьевых компонентов для цементного производства в России.

Четвертая глава посвящена анализу ценовой конъюнктуры российского рынка цементного сырья. В этом разделе рассмотрена динамика цен на основные компоненты для производства цемента на внутреннем рынке за последние годы.

В пятой главе отчета описано состояние российского производства цемента в 2000-2009 гг.: представлена статистика производства по предприятиям и регионам. Также в этой главе анализируется текущее состояние ведущих игроков на российском цементном рынке, включающее данные об имеющихся производственных мощностях, используемом сырье, ассортименте выпускаемой продукции, планах развития бизнеса, а также приведены основные финансовые показатели предприятий.

В шестой, заключительной, главе отчета приводится прогноз производства цемента в России и потребления цементного сырья на период до 2015 г.

В приложениях представлена контактная информация производителей цемента в России, а также классификации цементов и требования к цементам, предъявляемые государственными стандартами.

ВВЕДЕНИЕ

Для производства цемента применяются два вида сырья: известковое и глиноземистое. В зависимости от желаемого конечного результата материалы дозируются в определенной пропорции. Для управления свойствами цемента применяются различные добавки и присадки.

Цемент – это общее название для определенной группы веществ, основными физическими характеристиками которых являются порошкообразность, вязкость и способность при смешивании с водой (в некоторых случаях с водными растворами солей) образовывать пластичную массу, которая при высыхании принимает камневидное состояние. Важно отметить, что процесс это односторонний, т. е. раз затвердев, цемент уже не сможет вернуться в свое первоначальное состояние. Основная характеристика, которой обладает цемент, это прочность. В отличие от чисто природных материалов она практически не подвержена влиянию времени.

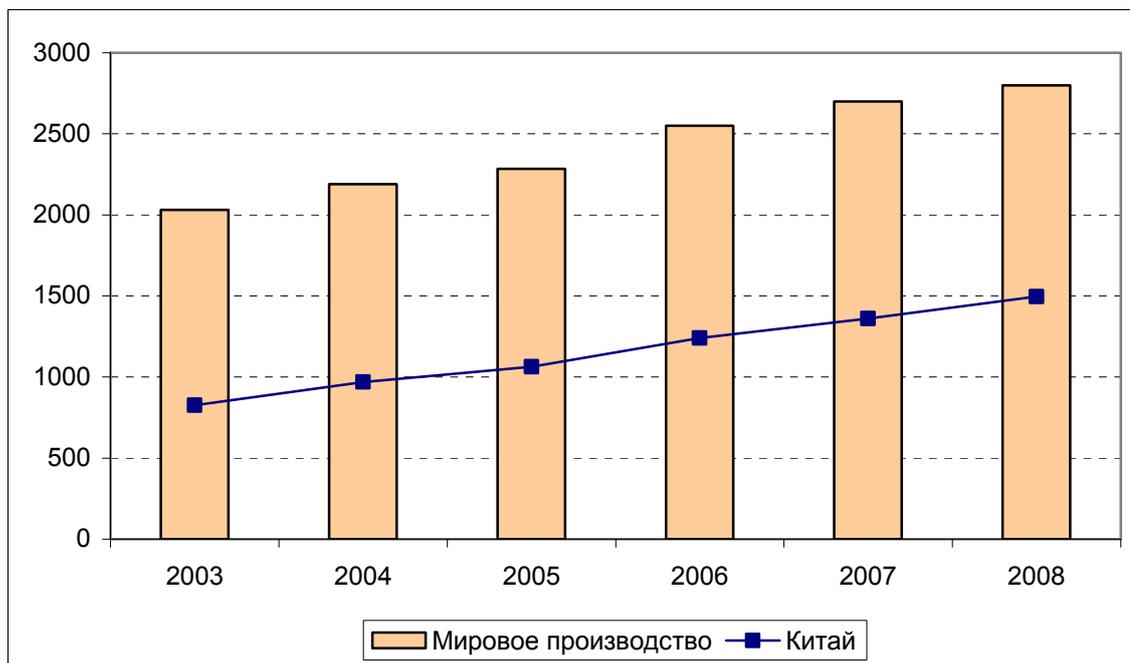
Цемент также является важной составляющей других строительных материалов, например, бетона и железобетона, строительных смесей и т. д.

Существует множество видов цемента. Наиболее широко применяемый во всех странах – портландцемент (англ. Portland cement) – гидравлическое вяжущее вещество, который на 70-80% состоит из силикатов кальция. Портландцемент получил свое название по имени острова Портленд (Portland) в Англии, так как по цвету похож на добываемый на нём камень. По внешнему виду портландцемент представляет собой зеленовато-серый порошок, по своему составу и физико-химическим свойствам не имеет существенных отличий от обычного цемента.

Ввиду высокой зависимости спроса на цемент, а значит и на цементное сырье от объемов строительства (где потребляется более 80% цемента), в предкризисные годы в условиях строительного бума наблюдался устойчивый рост мирового производства цемента. Среднегодовой прирост за 2000-2007 гг. составил 7,2 процентных пункта. В 2007 и 2008 гг., по мере снижения темпов роста строительства, темпы роста производства цемента снижались ежегодно на 4-5 процентных пункта. В 2008 г. объем мирового цементного производства оценивался в 2,8 млрд т. Для производства указанного объема цемента в мире используется порядка 4,5-5 млн т цементного сырья.

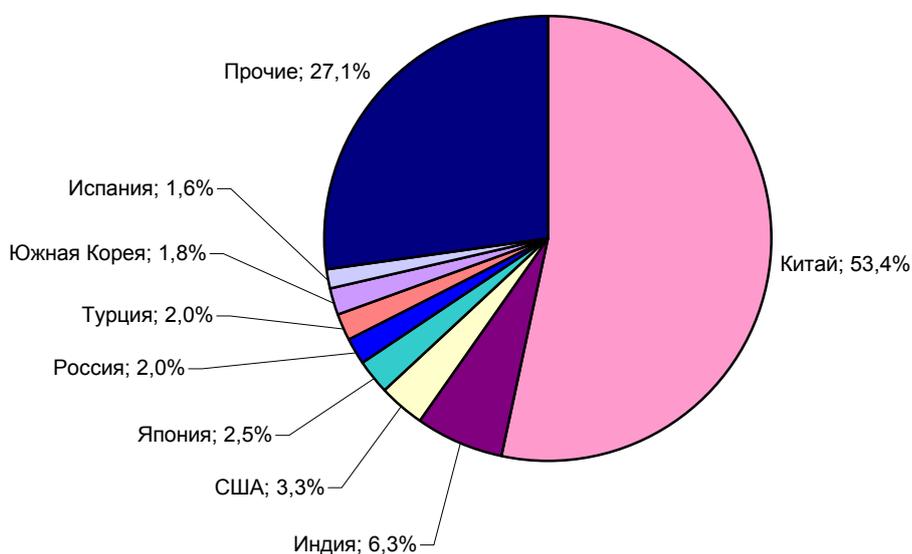
При этом основным мировым производителем цемента является Китай. Динамика мирового производства цемента, а также выпуска данной продукции Китаем представлены на рисунке 1, доли основных стран-производителей в общемировом объеме выпуске – на рисунке 2.

Рисунок 1. Динамика мирового производства цемента и объемы выпуска данной продукции основным мировым производителем в 2003-2008 гг., млн т



Источник: "Инфолайн" на основе данных ООН

Рисунок 2. Структура мирового производства цемента по странам-производителям в 2008 г., %



Источник: "Инфолайн" на основе данных ООН

Российский рынок цементного сырья зависит от состояния отечественной цементной промышленности (что, в свою очередь, соответствует уровню развития строительной индустрии), а также от конъюнктуры мирового цементного рынка.

Цементная промышленность – одна из старейших в России отраслей промышленного производства. Расцвет отрасли пришелся на 60-80-е годы. С 1962 по 1989 гг. Россия по выпуску цемента занимала первое место в мире. Максимальный объем производства был достигнут в 1989 г. и составил 85,3 млн т. В дальнейшем в связи с ухудшением экономического положения России и резким падением объемов строительства выпуск цемента значительно снизился: в 1998 г. было произведено лишь 26 млн т цемента.

Однако, начиная с 1999 г. ситуация в цементной промышленности изменилась, и с этого времени в России наблюдается устойчивый рост производства и потребления цемента вплоть до начала мирового экономического кризиса 2008 г. В 2007 г. объем цементного производства в России почти достиг уровня в 60 млн т.

В предкризисные годы (2006-2007 гг.) Россия занимала ведущие позиции в производстве цемента как в мире (5 место), так и в странах СНГ (первое). Этому способствовал бурный рост строительства в стране (в среднем в 2001-2007 гг. на 10,6% ежегодно).

Начиная со второй половины 2008 г. мировой экономический кризис стал негативно влиять на строительную деятельность. Снижение объемов строительных работ привело к падению цены на цемент, вследствие чего объем импортных поставок значительно уменьшился. Спад спроса привел к образованию временного переизбытка цемента, что, естественно повлекло за собой резкий спад добычи цементного сырья и объемов производства цемента.

В настоящее время конкуренция на российском цементном рынке привела к тому, что многие мелкие предприятия вынуждены сокращать объемы выпуска продукции и фактически находятся в стадии консервации производства. Остаются крупные компании, которые имеют большие объемы производства, а также используют энергосберегающие технологии и снижают затраты на производство продукции.

1. Теоретические основы и современные технологии производства цемента

1.1. Традиционный способ производства цемента, виды цементного клинкера

Как уже отмечалось, основными составляющими компонентами цемента являются известковые, маргелистые, глинистые породы и всевозможные добавки (бокситы, шлак и т.д.). Этот сырьевой материал подвергают высокотехнологичной и высокотемпературной обработке, в процессе которой начальное сырье доходит до стадии полного или частичного плавления. В результате образуются силикаты и алюминаты кальция, благодаря которым цемент и приобретает высокую прочность. Такой продукт обжига исходного сырья называется *клинкером*. В английском языке слово *Clinker* обозначает шлак или застывшую лаву. Выглядит клинкер как округлые гранулы, окатыши или осколки неправильной формы с плотным, стекловидным черепком.

Клинкер состоит из четырех основных клинкерных минералов: трехкальциевого силиката (алита) $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 45-65%, двухкальциевого силиката (белита) $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 10-40%, четырехкальциевого алюмоферрита $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 2-18%, трехкальциевого алюмината $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – 2-15%. В зависимости от преимущественного влияния того или другого минерала (его повышенного содержания) клинкер и приготовленный из него цемент называется, соответственно, *алитовым*, *белитовым*, *алюмоферритовым* или *алюминатным (глиноземистым)*. Если в клинкере содержится повышенное количество двух минералов, его соответственно называют *алито-алюминатным* и пр.

Каждый из клинкерных минералов имеет свои специфические свойства, влияющие на свойства конечного продукта. Так алит является химически активным минералом, оказывающим решающее влияние на прочность и скорость твердения цемента. Взаимодействие его с водой происходит с большим тепловыделением. Алит обладает способностью быстро твердеть и набирать высокую прочность, поэтому повышенное содержание трехкальциевого силиката обеспечивает получение из данного клинкера высокомарочного портландцемента.

Белит, затворенный водой, в начальный период твердеет медленно, при этом выделяется очень мало теплоты. Продукт твердения в течение первого месяца обладает невысокой прочностью, но затем на протяжении нескольких лет при благоприятных условиях прочность его неуклонно возрастает.

Трехкальциевый алюминат характеризуется высокой химической активностью, в первые сутки твердения он выделяет наибольшее количество теплоты гидратации и быстро твердеет. Однако продукт его твердения имеет низкую долговечность и малую стойкость против воздействия сернокислых соединений.

Четырехкальциевый алюмоферрит характеризуется умеренным тепловыделением, твердеет он значительно медленнее, чем алит, но быстрее, чем белит. Прочность продуктов его гидратации несколько ниже, чем у алита.

Располагая данными о минералогическом составе портландцементного клинкера и зная свойства клинкерных минералов, можно заранее составить представление об основных свойствах портландцемента и особенностях его твердения в различных условиях.

Также большую роль играет агрегатное состояние и морфологический состав клинкерных минералов. Некоторые из них проявляют наибольшую гидравлическую активность в стекловидном состоянии, некоторые – в мелкокристаллическом, для других существуют активные и инертные полиморфные модификации (кристаллические структуры).

Производство цемента в общем случае состоит из нескольких технологических операций, которые можно условно разделить на 2 группы. Первая – операции по производству клинкера, вторая – измельчение клинкера совместно с гипсом и другими добавками – получение цемента.

Процесс обжига исходной шихты и получение клинкера включает множество стадий, основными из которых являются:

1. Сушка входящего сырья.

2. Разложение сырьевых компонентов. Под воздействием высокой температуры известняк распадается на известь и углекислый газ, а глина – на оксиды кремния и алюминия.

3. Экзотермические реакции. Свежеобожженные оксиды обычно очень активны, поэтому они взаимодействуют друг с другом, образуя новые вещества – алюминаты и силикаты кальция. Протекание этих процессов сопровождается выделением тепла, что дополнительно прогревает реакционную массу.

4. Спекание реакционной массы. Эта стадия чрезвычайно важна, так как именно при спекании формируется будущая структура клинкера, а также связывается оставшаяся после предыдущей стадии свободная известь.

5. Охлаждение. Сформированную при спекании структуру необходимо сохранить. Сделать это довольно сложно, так как при медленном охлаждении происходят процессы кристаллизации и перекристаллизации, резко снижающие качество цемента. Поэтому охлаждать нужно резко, что достаточно сложно в связи с вязкостью массы и высокой температурой.

Любые технологии производства цемента включают все перечисленные стадии. Основное отличие между применяемыми на разных заводах процессами заключается в способе подготовки сырьевой шихты.

Если это сырье мокрое и неоднородное по составу, целесообразно применять так называемый *мокрый способ* производства клинкера – сырье разбавляют водой до густоты сметаны и в таком состоянии измельчают, перемешивают и подают на обжиг. Мокрый способ позволяет применять нестабильное по качеству сырье, но требует больших энергозатрат, так как всю введенную в шихту воду потом приходится испарять. В Советском Союзе

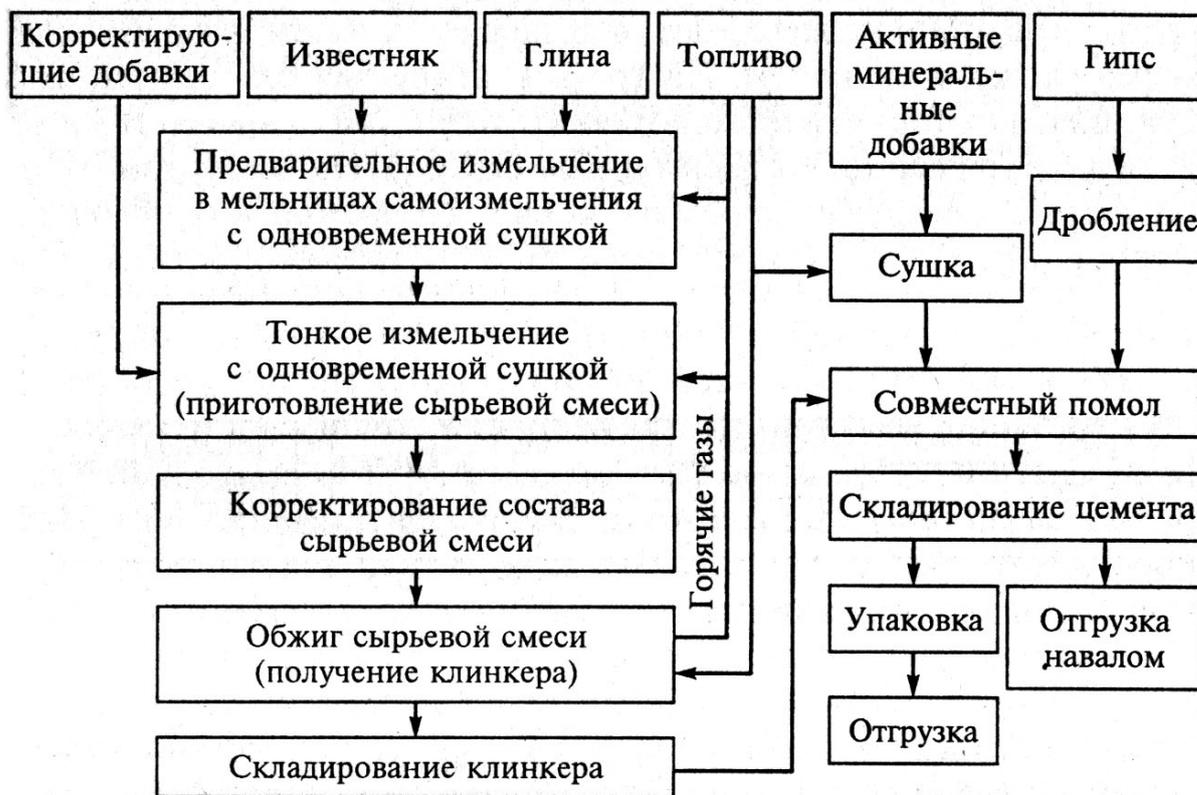
преобладал мокрый способ производства. В настоящее время в России идет широкое внедрение в цементную промышленность сухого способа (мокрым способом производится около 87% клинкера).

Если сырье сухое, равномерное по составу и стабильное по качеству, выгоднее применять **сухой способ**, когда материал досушивают и перерабатывают в сухом состоянии. При этом расход топлива и размеры печных агрегатов значительно меньше, чем при мокром способе, но возрастают требования к кондиционности сырья. В связи с быстрым ростом цен на энергоносители сухой способ становится все более популярным, интенсивно вытесняя мокрый, на сегодняшний день в ряде стран доля производства клинкера данным способом достигает 100%.

Принципиальные технологические схемы производства цемента сухим и мокрым способом приведены на рисунках 3 и 4.

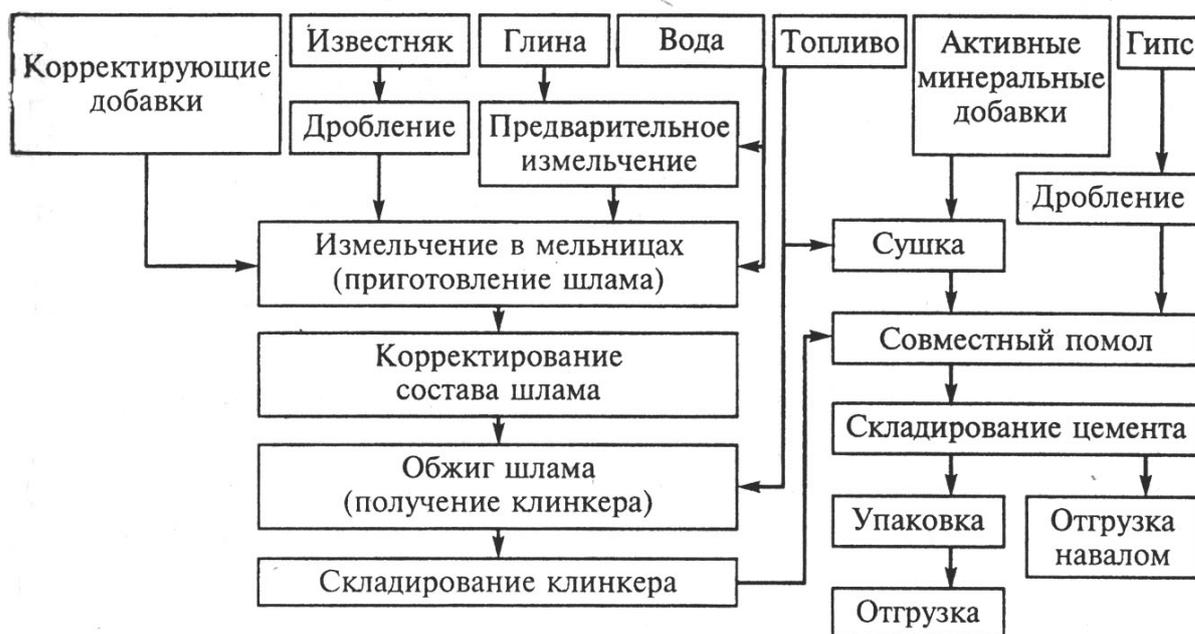
В некоторых случаях сухую сырьевую смесь гранулируют, добавляя при грануляции необходимое для образования прочных гранул количество воды. Такой способ производства портландцементного клинкера называется **полусухим**.

Рисунок 3. Принципиальная технологическая схема производства цемента сухим способом



Источник: Сулименко Л.М. "Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе" – М: Высшая школа, 2005

Рисунок 4. Принципиальная технологическая схема производства цемента мокрым способом



Источник: Сулименко Л.М. "Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе" – М: Высшая школа, 2005

Комбинированный способ может базироваться как на мокром, так и на сухом способе приготовления шихты. В первом случае сырьевую смесь готовят по мокрому способу в виде шлама, а затем обезвоживают на фильтрах до влажности 16-18% и подают на обжиг в печи в виде полусухой массы. Во втором варианте сырьевую смесь готовят по сухому способу, а затем гранулируют с добавкой 10-14% воды и подают на обжиг в виде гранул диаметром 10-15 мм.

Выбор способов производства портландцементного клинкера определяется рядом факторов технологического и технико-экономического характера: свойствами сырья, его однородностью и влажностью, наличием достаточной топливной базы в районе строительства и др.

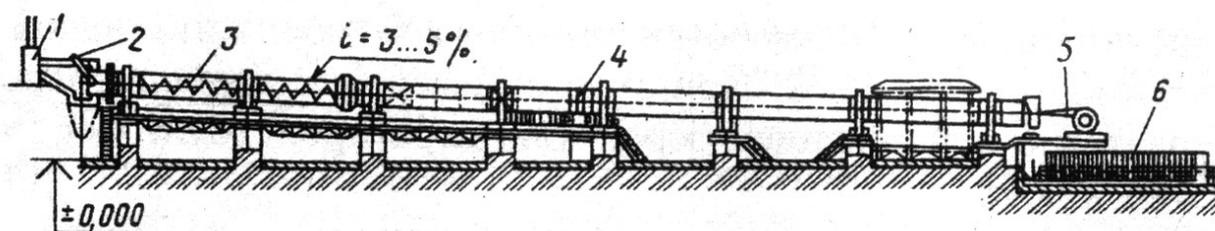
В природной влажности сырья более 8-10% оказывается целесообразным мокрый способ. Мокрый способ более выгодно применять также при использовании двух мягких компонентов (глины и мела), так как измельчение их легко достигается разбалтыванием в воде. При мокром способе производства уменьшается расход электроэнергии на измельчение сырьевых материалов, облегчается транспортирование и перемешивание сырьевой смеси, выше гомогенность шлама и качество цемента, однако расход топлива на обжиг и сушку составляет на 30-40% больше чем при сухом способе.

Сухим способом рационально получать портландцементный клинкер при однородном по составу сырье в случае, если влажность его не превышает 8-10%.

Полусухой способ дает хорошие результаты при изготовлении клинкера из достаточно пластичных сырьевых материалов, когда при грануляции смеси образуются прочные и термостойкие гранулы. При хорошей фильтруемости сырьевых шламов предпочтение следует отдавать комбинированному способу.

По общепринятой на сегодняшний день схеме обжиг сырьевой смеси проводят при температуре 1470°C в течение 2-4 часов во вращающихся печах – длинных наклонных железных барабанах (3,6x127 м, 4x150 м и 4,5x170 м), выложенных изнутри огнеупорным кирпичом и снабженных внутренними теплообменными устройствами для упрощения синтеза необходимых минералов цементного клинкера. Схема вращающейся печи представлена на рисунке 5.

Рисунок 5. Конструкция вращающейся печи



1 – дымосос; 2 – питатель для подачи шлама; 3 – барабан; 4 – привод; 5 – вентилятор с форсункой для вдувания топлива; 6 – колосниковый холодильник

Источник: Сулименко Л.М. "Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе" – М: Высшая школа, 2005

В процессе работы барабан вращается, и обжигаемый материал под собственным весом пересыпается от высокого конца к низкому, откуда выгружается готовый продукт.

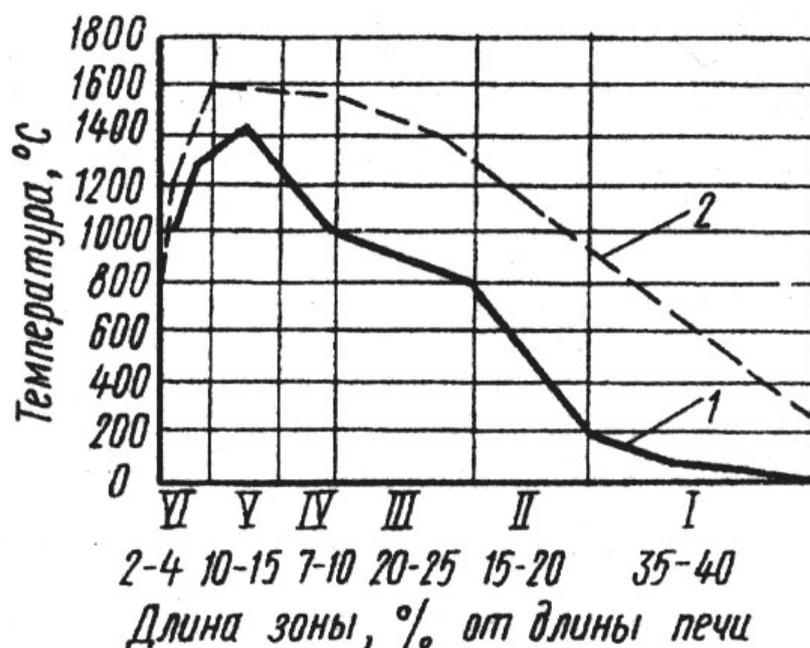
Сложные физико-химические процессы, в результате которых клинкер приобретает нужный минералогический состав и микрокристаллическую структуру, протекают в определенных температурных границах – технологических зонах печи.

Во вращающейся печи при мокром способе производства цемента по ходу движения материала выделяют зоны: I – испарения, II – подогрева и дегидратации, III – декарбонизации, IV – экзотермических реакций, V – спекания, VI – охлаждения.

Подготовительные зоны I-II занимают 50-60% длины печи, зона декарбонизации – 20-25%, зона экзотермических реакций – 7-10%, зона спекания – 5-10% и зона охлаждения – 2-4%.

На рисунке 6 показано распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи.

Рисунок 6. Распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи

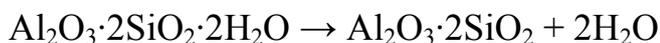


1 – материал; 2 – газовый поток; I–VI – зоны печи

Источник: Сулименко Л.М. "Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе" – М: Высшая школа, 2005

В **зоне испарения** шлам долгое время сохраняет температуру около 100°C и лишь в конце нагревается до 200°C. Затраты теплоты на испарение влаги шлама составляют около 35% общего расхода энергии. При нагревании шлам вначале разжижается, а затем загустевает и комкуется. При производстве клинкера сухим способом эта зона в печах обжига отсутствует, что приводит к существенному уменьшению ее размеров.

В **зоне подогрева** при температуре 200-650°C выгорают органические примеси и начинаются процессы дегидратации и разложения глинистого компонента. Например, разложение каолинита происходит по следующей формуле:



Далее при температурах 600-1000°C происходит распад алюмосиликатов на оксиды и метaproдукты. Обезвоживание и распад на оксиды водных алюмосиликатов кальция приводит к образованию ряда промежуточных соединений, заметно влияющих в дальнейшем на скорость связывания CaO.

В **зоне декарбонизации** при температуре 900-1200°C происходит диссоциация карбонатов кальция и магния с образованием свободных CaO и MgO. Одновременно продолжается распад глинистых минералов на оксиды.

При повышении температуры колебательные движения атомов и ионов в кристаллических решетках твердых веществ достигают такой

интенсивности, что становится возможным "отрыв" ионов (атомов) от положения равновесия в данном узле решетки и переход их в новые положения как внутри решетки, так и вне ее. В результате происходит обмен атомами и ионами между веществами с образованием новых соединений, т.е. протекают реакции в твердой фазе. Скорость реакций тем выше, чем выше температура и больше время выдержки, более тонко измельчена сырьевая смесь.

Одновременное присутствие в сырьевой смеси термически активированных оксидов кальция, кремния, алюминия и железа интенсифицирует протекание реакций в твердой фазе с образованием двухкальциевого силиката, алюминатов и алюмоферритов кальция. Обычно при температуре 900-1200°C разложение CaCO_3 происходит значительно быстрее, чем связывание CaO в минералы, поэтому в конце зоны декарбонизации содержание свободного оксида кальция в материале достигает максимума – 30-35%.

В *зоне экзотермических реакций* при температуре 1200-1300°C завершается процесс твердофазного спекания материала. В результате образуются клинкерные минералы $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_2\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (алит) и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (белит). Часто используют их сокращенное обозначение: соответственно C_3A , C_4AF , C_3S , C_2S . Однако в смеси остается некоторое количество свободной извести, необходимое для насыщения двухкальциевого силиката до трехкальциевого.

В *зоне спекания* при температуре 1300-1450°C происходит частичное плавление материала, начинающееся в поверхностных слоях зерен, а затем постепенно распространяющееся к их центру. В расплав переходят клинкерные минералы кроме C_2S , который, взаимодействуя с оставшимся в расплаве CaO , образует алит (C_3S). Время полного усвоения оксида кальция и образования алита в зоне спекания составляет 20-30 минут.

В *зоне охлаждения* температура клинкера медленно понижается до 1000-1100°C. Часть жидкой фазы при этом кристаллизуется с выделением кристаллов клинкерных минералов, а часть застывает в виде стекла.

Следует отметить, что границы зон во вращающейся печи достаточно условны и нестабильны. Меняя режим работы печи, можно смещать границы и протяженность зон и тем самым регулировать процесс обжига.

Профиль печей может быть как строго цилиндрическим, так и сложным с расширенными зонами, для увеличения продолжительности пребывания в них обжигаемого материала.

Печь, установленная под углом 3-5°, вращается с частотой 0,5-1,5 мин⁻¹. Вращающиеся печи, в основном, работают по принципу противотока. Сырье поступает с верхнего (холодного) конца, а со стороны нижнего (горячего) конца вдувается топливно-воздушная смесь, сгорающая на протяжении 20-30 м длины печи. Горячие газы, перемещаясь со скоростью 2-13 м/с навстречу материалу, нагревают последний до требуемой температуры. Длительность пребывания материала в печи зависит от ее частоты вращения и угла наклона,

составляя, например, в печи размером 5×185 м от 2 до 4 часов. Занятое материалом сечение во вращающихся печах составляет всего 7-15% объема, что является следствием высокого сопротивления движущегося слоя и объясняется как малой теплопроводностью частиц обжигаемого материала, так и слабым смешением их в слое.

Факел пламени и горячие газы нагревают как поверхностный слой материала, так и футеровку печи. Футеровка, в свою очередь, также отдает получаемую теплоту обжигаемому материалу путем непосредственного контакта. При каждом повороте печи в процессе соприкосновения с газовым потоком температура футеровки печи повышается, а при контакте с обжигаемым материалом снижается.

Производительность вращающейся печи зависит от объема ее внутренней части, угла наклона печи к горизонту и частоты вращения, температуры и скорости движения газов, качества сырья и ряда других факторов.

Важным преимуществом вращающихся печей является их технологическая универсальность, обусловленная возможностью использования сырьевых материалов различных видов. При производстве цементного клинкера по сухому способу в печь подают гранулированную сырьевую смесь с размером зерен 7-15 мм либо в виде тонкодисперсного порошка с размером частиц до 200 мкм, при производстве по мокрому способу – в виде шлама влажностью 35-45%.

Габариты вращающихся печей определяются видом обжигаемого продукта, необходимой температурой и длительностью обжига. Длина вращающихся печей для обжига цементного клинкера при мокром способе производства составляет 150-185 м, диаметр – 4-5 м. При обжиге сухих сырьевых смесей используют печи с запечными теплообменниками. Размеры таких печей существенно меньше размеров печей, работающих по мокрому способу, т.к. процессы подготовки сырья вынесены в запечные теплообменные устройства с интенсивным конвективным теплообменом, обеспечивающим эффективное использование теплоты отходящих газов. Длина печей, работающих по сухому способу, составляет, как правило, 60-80 м при диаметре 4-7 м.

Выходящий из вращающейся печи материал имеет температуру около 1000°С. Возвращение в печь теплоты материала может существенно снизить расход топлива. Это достигается охлаждением материала воздухом, подаваемым затем в печь для горения топлива. Режим охлаждения влияет как на дальнейший технологический процесс, так и на свойства готового продукта. Быстрое охлаждение клинкера способствует фиксации жидкой фазы в стекловидном состоянии и мелкой кристаллизации клинкерных минералов. В результате, как уже отмечалось, быстроохлажденные клинкера легче размалываются и в определенной мере повышают качество цемента. Поэтому необходимо, чтобы процесс охлаждения клинкера был наиболее полным и протекал быстро, особенно в начальной стадии.

Глиноземистый цемент получают путем тонкого помола клинкера, полученного обжигом сырьевой смеси из бокситов и известняков, до спекания (при 1300°C) или плавления (при 1400°C).

Минералогический состав глиноземистого клинкера характеризуется большим содержанием низкоосновных алюминатов кальция, главным из которых является однокальциевый алюминат $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (СА). Содержание окиси алюминия в глиноземистом клинкере изменяется от 35-40% (рядовой глиноземистый цемент) до 70% и более (особо чистый высокоглиноземистый цемент). Клинкер глиноземистого цемента практически не содержит оксида кремния, который в данном случае является вредной примесью, так как в условиях получения глиноземистого клинкера он способен образовывать инертные минералы, снижающие активность клинкера.

Поэтому глину в производстве глиноземистого цемента использовать нельзя, нужно брать сырье, богатое алюминием и бедное кремнием. Для производства рядового глиноземистого цемента таким сырьем служат бокситы, а для получения особо чистого ВГЦ используют даже чистую окись алюминия.

Вместо бокситов для производства глиноземистого цемента могут использоваться бокситовые железные руды с добавками известняка и железного лома. Шлаки доменного производства также могут являться клинкером, при этом стоимость глиноземистого цемента значительно понижается.

Способ спекания во многом схож с технологией получения портландцементного клинкера, разве что температуры применяют ниже. Однако более качественный клинкер можно получить по способу плавления. При этом шихта полностью проплавляется в электродуговых печах, вагранках или доменных печах. Во время плавки поддерживается восстановительная среда, поэтому оксиды железа и кремния восстанавливаются, образуя чугуны и ферросилиций.

Таким образом, часть примесей удается связать во вполне безвредные и даже очень полезные материалы. Цемент получается более чистым и качественным, но плавленый клинкер очень тяжело молоть. К тому же затраты на плавку шихты гораздо выше расходов на спекание. Оба способа имеют достоинства и недостатки, поэтому в каждом конкретном случае при выборе схемы производства приходится взвешивать плюсы и минусы. В мировой практике сегодня лидирует способ плавления.

Отметим, что сложность технологии производства глиноземистого цемента существенно ограничивает круг предприятий, способных его производить. В России среди таких предприятий можно выделить ОАО "Пашийский металлургическо-цементный завод" (Пермский край), заводы французской фирмы Lafarge (Уралцемент и Воскресенскцемент).

Сульфоалюминатный (ферритный) клинкер состоит преимущественно из сульфоалюминатов кальция. В частности, в нем должно содержаться не

более 5% трехкальциевого алюмината и не более 50% трехкальциевого силиката. Низкое предельное содержание трехкальциевого алюмината требуется потому, что сульфатная коррозия развивается в результате взаимодействия сульфатов, находящихся в окружающей среде, с трехкальциевым гидроалюминатом цементного камня. Если в цементном камне C_3A присутствует в малых количествах, то образуется незначительное количество гидросульфоалюмината кальция. Тогда он не опасен, так как распределяется в порах бетона, вытесняя оттуда воду или воздух, и внутренних напряжений в бетоне не вызывает.

Таким образом, используя различное сырье, управляя протеканием химических реакций и процессами кристаллизации путем подбора режима обжига исходной шихты, можно влиять на свойства конечного продукта.

1.2. Альтернативные способы производства цемента

В настоящее время в России цемент производят, в основном, описанным выше традиционным способом, который имеет ряд существенных недостатков:

- высокая энергоемкость;
- высокая капиталоемкость;
- длительные сроки окупаемости;
- негативное влияние на окружающую среду (неэкологичность).

Частично устранить или сократить все негативные моменты, связанные с традиционным процессом производства цемента, призвана альтернативная технология производства так называемого **бесклинкерного цемента**. При "холодном" способе производства исключается из технологического процесса стадия высокотемпературной прокалики клинкера, осуществляемая в дорогостоящих барабанных вращающихся печах и соответственно сопровождаемая большим расходом топлива. Это позволяет многократно сократить потребление энергоносителей и на порядок уменьшить капитальные затраты. Таким образом, бесклинкерная технология производства цемента даже на малотоннажных установках обеспечивает трёхкратное снижение его себестоимости.

Основа шлако-щелочного цемента – шлак. Получить его возможно двумя способами:

1) Основные компоненты – Al_2O_3 , SiO_2 , CaO – смешиваются в пропорции, которая позволяет получить оптимальный состав смеси для получения высококачественного шлака после расплава компонентов. В качестве сырья на выбор могут быть использованы:

- зольная пыль, вулканический пепел и пыль (пуццолана);
- известняк, известковая глина, карбонат кальция или доломитизированный известняк;
- песок, глина или известь, содержащая песок;
- минеральные отходы, содержащие кальций, алюминий, кремний.

2) Готовый доменный шлак, полученный в процессе производства чугуна.

1.2.1. Производство бесклинкерного цемента на основе гидравлического шлака

Процесс производства бесклинкерного цемента на основе *специального гидравлического шлака* состоит из трех этапов.

Плавление сырья для получения шлака протекает в плавильной печи. Перед тем как поступить в плавильную печь сырье проходит через устройство предварительного нагрева, использующее отработанное тепло плавильной печи. Плавильная печь напоминает стекловаренную печь, однако при производстве цемента нагрев печи осуществляется за счет угля, пылевидного топлива, традиционного топлива или газа. Температура плавления – около 1450°C.

Охлаждение расплава и помол осуществляется на выходе из плавильной печи. При этом расплав подвергается грануляции. Система грануляции с водяным охлаждением позволяет обеспечить высокую реактивность шлака. Охлаждающая вода подается под большим давлением, что позволяет обеспечить быстрое охлаждение жидкой стекломассы и высокое содержание стекла в шлаке. На выходе из охлаждающей системы получается слегка теплый и практически сухой шлак, готовый к использованию.

Быстрое охлаждение расплава позволяет получить шлак с очень высокой потенциальной реакционной способностью. Гранулят может храниться в течение длительного периода времени без потери данного свойства. Охлажденный гранулированный шлак необходимо измельчить. После измельчения до порошкообразного состояния шлак готов к реакции при взаимодействии с водой.

Изготовление цемента происходит путем смешения трех компонентов: высушенного и гранулированного шлака, порошкообразного дополнительного материала и небольшого количества активизатора (от 2 до 5% от массы смеси).

Компоненты дозируются и смешиваются в нужных пропорциях для получения цемента желаемого качества. Различное дозирование и выбор смешиваемых компонентов позволяет производить большое количество различных марок цемента на основе одних и тех же базовых компонентов.

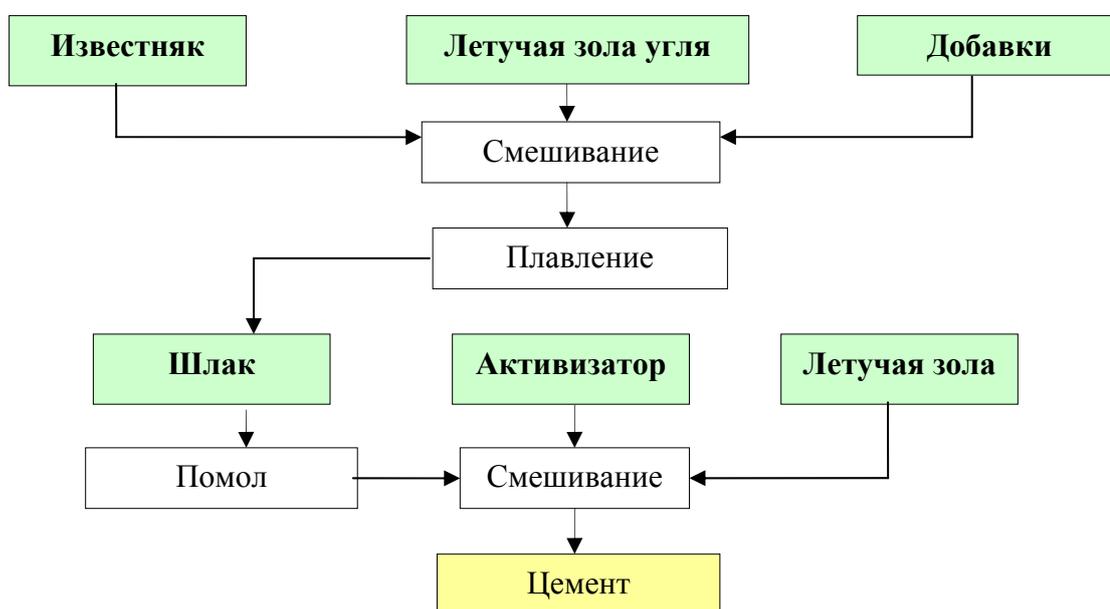
В связи с высокой реакционной способностью приготовленного шлака, необходимы добавки, сдерживающие реакцию, такие, как зольная пыль или другое химически инертное вещество. Количество и тип активизатора зависит от того, какую марку цемента необходимо получить.

Выше были приведены этапы производства цемента, характерные исключительно для производства шлакового цемента. Остальные этапы схожи с этапами производства традиционного портландцемента:

- разработка месторождений сырья, подготовка сырьевых материалов, дробление, помол и хранение различных сырьевых компонентов перед этапами предварительного нагрева и плавления;
- смешивание различных компонентов перед этапами предварительного нагрева и плавления;
- упаковка цемента в мешки и отгрузка на склад после этапа смешивания шлаков, дополнительных материалов и активизатора.

Схема производства цемента на основе специального гидравлического шлака представлена на рисунке 7.

Рисунок 7. Схема производства бесклинкерного цемента на основе специального гидравлического шлака



Источник: "Инфомайн" на основе данных научно-технической литературы

Полученный таким способом цемент обладает очень низкой температурой гидратации при производстве бетона, в связи с этим он может использоваться в производстве монолитного бетона, укладываемого в большие массивы. Другим важным свойством бетона является его высокая коррозиестойкость в агрессивной среде, такой как морская вода или сточные воды.

Помимо высоких потребительских характеристик производство бесклинкерным способом оказывает меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с традиционными методами производства цемента. Хотя производство бесклинкерного цемента не свободно от выделения в атмосферу газов и пыли, оно все же является более экологически чистым по сравнению с производством традиционного портландцемента. Также в производстве бесклинкерного цемента используется вторичное сырье, такое как зольная пыль, что позволяет экономить природные ресурсы.

Стоимость производства описанного бесклинкерного цемента складывается из тех же элементов, что и стоимость производства традиционного цемента. Размер инвестиций в производство такого цемента не намного отличается от размера инвестиций в производство традиционного цемента (из расчета суммы инвестиций на тонну производимого цемента), однако производство бесклинкерного цемента может быть прибыльно даже на заводах с небольшими мощностями (120-350 тыс. т в год). Это позволяет основать производство даже в тех регионах, где уже присутствуют производители традиционного цемента. Потенциальные производители шлакового цемента могут занять место на рынке между небольшими производителями традиционного цемента (30-80 тыс. т в год) и крупными производителями (начиная с 700 тыс. т в год).

Кроме того, для производства бесклинкерного цемента на основе специального шлака подходит более широкий ассортимент первичного и вторичного сырья, чем для производства традиционного цемента, таким образом, производитель может выбрать более дешевое сырье для производства. Сравнительная характеристика основных параметров производства бесклинкерного цемента и портландцемента представлена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительная характеристика основных параметров производства бесклинкерного цемента и традиционного портландцемента

Показатель	Бесклинкерный цемент	Портландцемент
<i>Потребление сырья (кг) на тонну производимого цемента</i>		
Известняк	400	1200
Глина	50	200
Гипс	0	50
Зольная пыль	650	100
Активизатор	100	0
Всего	1200	1550
<i>Потребление энергии</i>		
Первичное потребление энергии, (ГДж)	1,7	3,2
Электроэнергия (кВт/ч)	180	100
Общее потребление энергии, (ГДж)	2,4	3,6
<i>Выбросы газов и пыли в атмосферу</i>		
CO ₂ , (мг/Нм ³)	175	528
NO ₂ , (мг/Нм ³)	200-300	600-2200
SO ₂ , (мг/Нм ³)	35	35
пыль, (мг/Нм ³)	<50	<50

Источник: "Инфолайн" на основе данных научно-технической литературы

1.2.2. Производство бесклинкерного цемента на основе доменных шлаков

Другая технология производства бесклинкерного цемента представляет собой процесс переработки *гранулированных доменных шлаков*, являющихся отходами металлургического производства и соответствующих требованиям ГОСТ 3476-74 "Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цемента".

При производстве чугуна в доменную печь загружают железную руду, флюсовый камень (известняк и/или доломит) и кокс. Получаемая на выходе из печи продукция – расплавленный чугун и шлак. Шлак состоит в основном из кварца и оксидов алюминия (от железной руды) и оксидов кальция и магния (от флюсового камня), на долю которых приходится 95% всего состава шлака. Остальные 15% – марганец, соединения железа и серы и следовое количество других элементов.

Однако следует отметить, что основные оксиды, входящие в состав шлака присутствуют в нем в виде силикатных и алюмосиликатных минералов, таких как мелилит, мервинит, волластонит и др., которые также существуют в виде природных пород. В дробленом и молотом шлаках, данные элементы присутствуют в виде стекла. Химический состав шлаков варьируется в очень узких пределах (таблица 2), поскольку все сырье, загружаемое в доменную печь, очень тщательно отбирается и смешивается.

Таблица 2. Типичный химический состав доменного шлака

Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
Кварц(SiO ₂)	32-42	сера (S)*	1-2
Оксид алюминия (Al ₂ O ₃)	7-16	оксид железа (Fe ₂ O ₃)	1-1,5
Оксид кальция (CaO)	32-45	оксид марганца (MnO)	0,2-1
Оксид магния (MgO)	5-15		

* в основном в виде сульфида кальция

Источник: "Инфолайн" на основе данных научно-технической литературы

Из печи шлак выходит в расплавленном состоянии, причем температура расплава может превышать 1480°C. Существует четыре основных способа обработки расплавленного шлака: охлаждение воздухом, быстрое охлаждение холодной водой (вспучивание шлака), дробление и помол. При каждом из данных методов обработки получается уникальный шлаковый материал, обладающий отличительными свойствами.

В течение первой половины 20 века было установлено, что доменные шлаки, обладающие должным химическим составом и содержанием стекла, могут быть активизированы. В результате шлак приобретает потенциальные гидравлические свойства: он может реагировать с портландцементом при добавлении воды, действуя как шлакопортландцемент. Другой установленной характеристикой доменного шлака была его способность вступать в реакцию с

солями щелочных металлов. В данном случае шлак активизируется и может реагировать особым образом.

Основные этапы производства цемента из шлака включали в себя: помол доменного шлака до порошкообразного состояния и добавление щелочной субстанции.

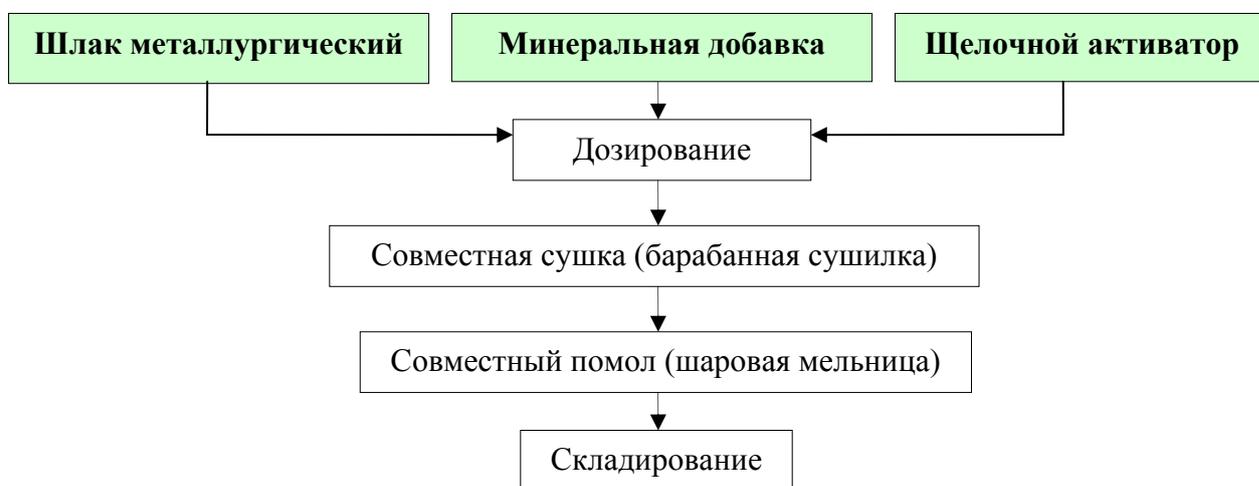
Попытки произвести и использовать щелочно активированный шлаковый цемент предпринимаются в течение уже 80 лет. Со времени первых разработок (Purdon cement, полученный в результате сырого помола шлаков и щелочных солей, Trief process) производство в промышленных масштабах данного вида цемента проводилась в Польше, на Украине, в Скандинавии. В большинстве случаев базовым сырьем при производстве шлакового цемента являлся доменный шлак, а активизация проводилась при помощи щелочных солей. Полученный таким образом цемент использовался в производстве бетонных блоков с применением повышенных температур при выдерживании бетона.

В общем виде процесс получения цемента на основе доменного шлака состоит из нескольких непрерывных, связанных между собой стадий:

- дозирование сырья: подача сырья со склада и составление в требуемых пропорциях шихты – смеси шлака, минеральных добавок и химического активатора;
- сушка подготовленной шихты – необходима для обеспечения её последующего тонкого помола; производится в барабанной сушилке;
- размол шихты: на этой стадии осуществляется тонкий помол шихты, её полная гомогенизация и формирование свойств цемента; процесс производится в шаровой мельнице;
- затаривание и отгрузка готового цемента.

Принципиальная технологическая схема описанного процесса представлена на рисунке 8.

Рисунок 8. Принципиальная технологическая схема производства бесклинкерных цементов на основе доменных шлаков



Источник: "Инфомайн" на основе данных научно-технической литературы

К преимуществам технологии производства цемента на основе металлургического шлака относятся:

1. простота, экономичность технологического процесса и используемого оборудования;
2. использование в качестве сырья промышленных отходов (дешевизна, устранение загрязнений окружающей среды);
3. пониженные энергозатраты и удельные капиталовложения;
4. небольшая мощность производства позволяет сократить срок между изготовлением и использованием цемента, устраняя тем самым его дезактивацию (нормативный срок хранения свежего портландцемента – 3 месяца);
5. возможность выпуска цементов с повышенной скоростью твердения;
6. возможность производства широкой гаммы цветных цементов с незначительным увеличением себестоимости продукции;
7. гибкость производства, возможность быстрого перехода к выпуску других видов и марок цементов.

В России металлургические шлаки накапливаются на предприятиях Кузбасса и Урала и исчисляются десятками миллионов тонн. Используемые в производстве минеральные добавки и химические активаторы также являются отходами производства. Они образуются на многих отечественных предприятиях, и эти предприятия расходуют ощутимые средства на их утилизацию. Таким образом, имеется широкий круг альтернативных источников сырья для предлагаемого производства.

Однако в настоящее время металлургические шлаки используют только в качестве добавок к портландцементу при получении шлакопортландцемента. При этом содержание шлака в цементном клинкере может превышать 20%.

1.2.3. Производство бесклинкерного цемента на основе нефелинового (белитового) шлама

Нефелиновый цемент является продуктом полной комплексной переработки нефелиновых концентратов, используемых в производстве глинозема. При этом наряду с глиноземом получают сода, поташ и высококачественный цемент.

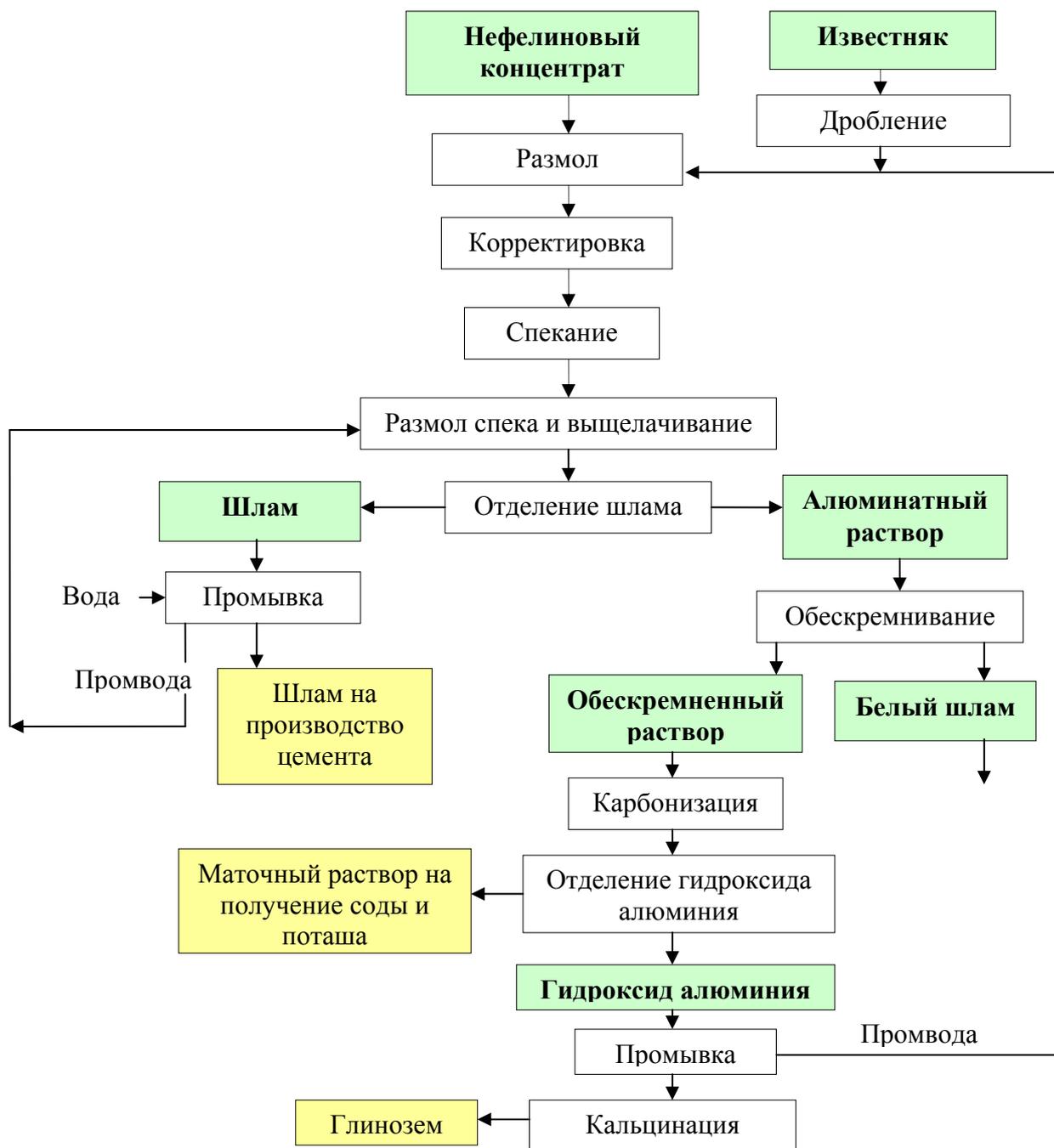
Данный вид цемента получают путем совместного помола предварительно измельченных нефелинового шлама (80-85%), извести или другого активизатора, например портландцемента (15-20%) и гипса (4-7%).

Шлам сначала высушивают до остаточной влажности 3-5% и измельчают его совместно с известью или клинкером и гипсом до остатка на сите № 02 менее 1%, а на сите № 008 – менее 10%.

Максимальный эффект достигается при совместном введении извести-пушонки и двуводного гипса. При этом известь является основной активизирующей добавкой, она повышает пластичность вяжущего, способствует равномерности изменения объема и увеличивает водостойкость, а гипс замедляет сроки схватывания и снижает водо-потребность. Повышение активности нефелинового шлама добавками извести и гипса объясняется химическим взаимодействием их с алюмосиликатом и алюминатом натрия, содержащимися в шламе. В результате этих реакций образуются нерастворимые в воде гидроалюминат, гидросульфалюминат кальция и другие соединения.

Для переработки нефелинового сырья в зависимости от его состава и свойств могут быть применены различные способы. На рисунке 9 показана технологическая схема комплексной переработки нефелинового концентрата способом спекания.

Рисунок 9. Принципиальная технологическая схема комплексной переработки нефелинового концентрата способом спекания



Источник: "Инфомайн" на основе данных научно-технической литературы

Этот способ включает: 1) производство глинозема с получением в качестве побочных продуктов содопоташного раствора и нефелинового шлама; 2) производство соды и поташа из содопоташного раствора; 3) производство цемента из нефелинового шлама.

Нефелиновый цемент характеризуется медленным нарастанием прочности, малым тепловыделением при гидратации и повышенной стойкостью в агрессивных водах. Гидротермальная обработка в несколько раз ускоряет процесс твердения нефелинового цемента. Так, пропаривание

увеличивает прочность образцов в 1,5-2 раза, а автоклавная обработка – в 2,5-3 раза.

Области применения нефелинового цемента разнообразны. Он может применяться как гидравлическое вяжущее наравне с портландцементом в гидротехническом строительстве; для жаростойких бетонов; при закреплении грунтов и тампонировании скважин; производстве литейных стержней и форм; для замены извести и производства силикатного кирпича, ячеистых бетонов и др.

Использование нефелинового цемента дает значительный экономический эффект, так как примерно на 36% уменьшаются капитальные вложения, на 42 – себестоимость; на 26% – трудоемкость и на 56% – расход топлива по сравнению с использованием в качестве вяжущего портландцемента.

В России из нефелинового шлама цемент выпускает ЗАО "БазЭл цемент Пикалево" (Ленинградская обл.).

Помимо нефелинового шлама для производства цемента может быть использован бокситовый шлам.