

Министерство образования Российской Федерации

Восточно - Сибирский государственный
технологический университет

**Комплексное использование минерального сырья
и отходов промышленности при производстве строи-
тельных материалов**

Учебное пособие

для студентов специальности 290600 «Производство
строительных материалов, изделий и конструкций».

В данном пособии рассмотрены сведения о составах и свойствах отходов топливно-энергетической, деревообрабатывающей, металлургической, строительной и других отраслей промышленности и их использование в производстве строительных материалов и изделий.

Учебное пособие позволит студентам более глубоко изучить свойства и применение строительных материалов с использованием минерального сырья и отходов промышленности.

Ключевые слова техногенное сырье, гипсовые отходы, тепло-энергетическая промышленность, перлитовые породы.

Составители:

Щукина Е.Г.

Беспле Р.Р.

Архинчеева Н.В..

Улан-Удэ – 2004

Введение.

Учебное пособие по «Дисциплине специализации» раздел «Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности для производства строительных материалов» выполнено с учетом использования промышленных отходов и природного минерального сырья в том числе и Забайкалья и предназначено для студентов специальности 290600 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» очного и заочного отделения.

В данном пособии рассмотрены сведения о составах и свойствах отходов топливно-энергетической, деревообрабатывающей, металлургической, строительной и других отраслей промышленности и их использование в производстве строительных материалов и изделий.

Учебное пособие позволит студентам более глубоко изучить свойства и применение строительных материалов с использованием минерального сырья и отходов промышленности.

Для успешного усвоения теоретического материала предусматривается выполнение курсовой работы.

Зам.министра строительства,
архитектуры и ЖКХ РБ
к.т.н.. Баранников В.Г

При современном уровне и масштабах потребления природных сырьевых материалов значение фактора полноты использования и вовлечения в общественное производство вторичных материальных ресурсов имеет первостепенное значение. Роль этого фактора особенно велика при оценке экономической эффективности народного хозяйства в различных его отраслях, в том числе отходов производств, сельского хозяйства и некондиционных природных полезных ископаемых.

Комплексное использование сырья и отходов важно еще и потому, что оно связано с решением проблемы создания безотходных и экологически чистых промышленных технологий. Разработка и освоение безотходных технологий имеют важное значение для предприятий химической, горнохимической, микробиологической, металлургической, угольной, строительной и других ресурсоемких отраслей промышленности.

Большая часть их проходит стадии добычи и обогащения, в результате которых образуются значительные объемы различных отходов (вскрышные породы, отходы обогащения и переработки, пылегазовые выбросы и др.). В качестве примера идентичности использования различных по свойствам сырья и отходов можно привести тот факт, что вскрышные породы, образующиеся при добыче горнохимического сырья, каменных, бурых углей и ряда руд черных металлов, могут найти широкое применение для производства различных строительных и вяжущих материалов. Технические гидролизные лигнины и некоторые виды угольных отходов могут использоваться в качестве топлива, углеродистых восстановителей для ряда металлургических производств, в качестве адсорбентов для очистки сточных вод, обезвреживания газовых выбросов и др.

Предотвращение загрязнения окружающей среды - одна из важнейших проблем современности. Практика показывает, что наиболее широко и эффективно попутные продукты промышленности могут быть применены в производстве строительных материалов.

Проблема утилизации отходов остро стоит во всем мире. Непрерывно растущий объем строительства в Бурятии вызывает необходимость изыскания новых источников сырья для производства строительных материалов и изделий.

Защита окружающей среды от загрязнений промышленными отходами является наиболее актуальной проблемой современности, решению которой с каждым годом уделяется все большее внимание не только в нашей стране, но и за рубежом.

Доля использованного вторичного сырья в производстве строительных материалов незначительна. Медленное освоение отходов обусловлено недостаточным исследованием как самого сырья, так и физико-химических процессов, протекающих в составах керамических масс при термической обработке. Решать эту проблему необходимо на региональном уровне, создавая рынки природного и техногенного сырья. Кроме того, существуют разведанные, но не используемые месторождения как рудного, так и нерудного сырья.

В настоящее время приняты четыре основных классификаций промышленных отходов: химическая, отраслевая, по коэффициенту насыщения и по агрегатному состоянию.

1. Классификация промышленных отходов

а) Химическая (в основу положен химический принцип).

- кремнистые отходы (свободного $\text{SiO}_2 > 50\%$)
- силикатные (Ca, MgS)

- карбонатные (CaCO_3 , MgCO_3)
- сульфатные ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- хлорсодержащие (MgCl_2)
- фторсодержащие
- смешанные минеральные
- органические
- водооргано-минеральные
- органо-минеральные

б) Отраслевая

Химическая

Деревообрабатывающая

Металлургическая

Энергетическая

Строительный комплекс

Нефтеперерабатывающая

в) По коэффициенту насыщения

$$K_{\text{нас}} = (\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Коэффициент насыщения прогнозирует вяжущие свойства, если $K_{\text{н}} = 0$ – отходы ультракислые, $K_{\text{н}} = 0-0,8$ – кислые, $K_{\text{н}} = 0,8-1,2$ – нейтральные; $K_{\text{н}} = 1,2-3$ – основные, при $K_{\text{н}} > 3$ – ультраосновные.

Ультракислые и кислые отходы вяжущими свойствами не обладают, к ним относятся отходы с преобладанием SiO_2 , нейтральные обладают скрытыми вяжущими свойствами к ним относятся доменные шлаки, вяжущие свойства проявляются в автоклавах; к основным относится нефелиновый шлак, к ультраосновным – известь, карбидный ил.

Боженковым П.И. была предложена классификация по агрегатному состоянию (см. табл.1)

Таблица 1.

г) Классификация техногенного сырья по агрегатному состоянию в момент выделения их из основного технологического процесса.

Класс	Основные продукты	Попутные продукты	Агрегатное состояние	Характеристика
А	Продукты, не утратившие природных свойств	А) карьерные остатки при добыче горных пород Б) остатки после обогащения на полезное ископаемое	Твердое	Крупный камень, щебень, пески, порошки
			Жидкое	Растворы, суспензии, шламы, грязи.
			Твердое	Крупный камень, щебень, пески, порошки
Б	Искусственные продукты, полученные в результате глубоких физико-химических процессов.	А) Образовавшиеся при обработке ниже температуры спекания	Газ	Газы, смесь газов, водяной пар, парогазовая смесь
			Жидкие	Растворы, суспензии, шламы, грязи

Продолжение таблицы 1.

			Твердые	Крупный камень, щебень, пески-остатки после выщелачивания, сепарации и отмучивания. Порошки – осаждаемая пыль, продукты самопроизвольного рассыпания крупных кусков.	
			Б) образовавшиеся при температурах, вызвавших полное или частичное расплавление	Газ	Газы, смесь газов, водяной пар
				Жидкие	Растворы, смесь газов, водяной пар, парогазовая смесь
				Твердые	Крупный камень, щебень, пески, порошки, измельченная осаждаемая пыль
		В) образовавшиеся осаждением из растворов	Жидкие	Растворы, шламы, грязи, суспензии	
			Твердые	Крупный камень, щебень, порошки, измельченная осаждаемая пыль	

Продолжение таблицы 1.

В	Продукты, образовавшиеся в результате длительного хранения в отвалах	-	Газ	Газы, смесь газов, водяной пар
			Жидкие	Растворы, эмульсии, суспензии
			Твердые	Щебень, пески, порошки

ВНИИстромом имени П.П. Будникова совместно с ВЗИС усовершенствована и дополнена классификация основных видов отходов, использование которых возможно и целесообразно в производстве строительных материалов. В основу этой классификации были положены следующие принципы: отрасль промышленности или вид производства, где образуются отходы; источник образования отходов; назначение использования отходов; материалоемкость производства; топливоемкость и электроемкость изготавливаемой продукции; характеризуются показатели замены данных традиционных сырьевых ресурсов отходами при производстве

Основные параметры, характеризующие любой промышленный отход: химико-минералогический состав, агрегатное состояние и объем образования. Для выбора направления использования каждый вид промышленного отхода должен пройти несколько уровней оценки по различным критериям с учетом основных параметров.

Первый уровень – оценка по токсичности. Токсичность отхода оценивается путем сравнения состава с ПДК канцерогенных (токсичных) веществ и элементов. При этом возможно три варианта:

- 1) отход содержит значительное количество токсичных веществ, концентрация которых превышает ПДК;
- 2) отход с небольшим количеством тяжелых металлов;
- 3) отход не содержит вредных веществ.

В первом случае отход без специальных мер очистки не может быть использован при производстве строительных материалов и должен быть направлен на захоронение. При наличии в составе отхода примесей тяжелых металлов можно рекомендовать использовать его в обжиговых технологиях при условии образования в массе, достаточного для концентрации (капсулирования) тяжелых металлов расплава. В случае отсутствия токсичных элементов, рассматриваемый отход рекомендуется ко второму уровню оценки.

Второй уровень – оценка по химико-минералогическому составу. Химико-минералогический состав является определяющим фактором выбора направления использования. Для объективной оценки необходимо определить: органическую и минеральную часть; вид органики (масла, смолы, битумы, дегти, растительные остатки и т.п.); в минеральной части кроме содержания основных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O) необходимо знать элементарный состав с целью выявления редкоземельных металлов, а также наличие и количество аморфных компонентов.

По соотношению между органической и минеральной частью, с ориентацией на использование в строительных материалах, все отходы, как это принято, следует подразделять на три группы: органические, органоминеральные и минеральные.

Введение в качестве критерия содержание аморфных компонентов позволяет минеральные отходы разделить также на три группы: активные (в случае преобладания аморфных фаз), инертно-активные (при незначительном со-

держании аморфных фаз), а также оставшиеся следует отнести к инертным (при отсутствии аморфных компонентов).

Первый и второй уровни оценки следует считать подготовительными, раскрывающими основную специфику анализируемого отхода. Конкретные рекомендации по применению в строительных материалах можно получить на следующих уровнях оценки.

Третий уровень – выбор из числа отходов готовых строительных материалов или их компонентов. В некоторых случаях отход по химико-минералогическому составу является готовым строительным материалом. При этом, в первую очередь, обращают внимание на его активность. Поэтому анализируемый отход, попавший в группу “активный” или “инертно- активный”, можно рекомендовать в качестве активной минеральной добавки в составы пуццоланового портландцемента и смешанных вяжущих.

Оценочным критерием всех остальных групп является минеральный состав традиционных материалов. Химико-минералогический состав в этом случае сопоставляется с составом традиционных строительных материалов из соответствующей группы по количеству преобладающих минералов. На данном этапе оценки возможно два варианта: в случае совпадения сравниваемых параметров отход оценивается как готовый строительный материал, в противном случае отход рекомендуется для дальнейшей оценки.

Четвертый уровень – выбор из числа отходов готовых сырьевых смесей (шихт) для производства строительных материалов. Отдельные виды отходов такие как гранитные отсеvy для производства кирпича могут стать готовым сырьем (сырьевой смесью) или основным сырьем для производства строительных материалов. Чтобы выделить такие отходы, химический состав отхода сопоставляется с химическим составом сырьевых смесей для производства строительных материалов.

Если анализируемый отход по химико-минералогическому составу не соответствует известным строительным материалам, его следует рассматривать как компонент сырьевых смесей, а выпуск строительных материалов на основе его возможен только при работе на искусственных, в достаточной степени гомогенизированных, шихтах.

Пятый уровень – оценка по агрегатному состоянию. Условия образования отходов сказываются на их агрегатном состоянии. По агрегатному состоянию выделяют: твердые – сыпучие (кусковые, порошковые дисперсные и высокодисперсные), волокнистые, жидкие – эмульсии, сточные воды; пастообразные – шламы, осадки, концентрированные эмульсии.

Шламы могут быть получены двумя способами: коллоидно-химическим осаждением из растворов (сточных вод) – так называемые истинные шламы, и механической смесью тонкодисперсных частиц с водой.

Агрегатное состояние можно учитывать при выборе технологии производства строительного материала. Так, высокопластичные свойства истинных шламов должны быть использованы для получения технологических свойств строительных материалов, а значительное их водосодержание – для получения гомогенных масс, например, по технологии фильтпрессования.

Шестой уровень – оценка по объему образования. По объему образования все отходы можно разделить на многотоннажные и малотоннажные. Объем образования определяет функциональное назначение его: многотоннажным отходам отводится роль основного сырья, а малотоннажным – роль корректирующих добавок.

После такой многоуровневой оценки отход приобретает определенный статус. Но, обычно, перед использованием в стройиндустрии, требуется первичная переработка,

которую следует осуществлять на месте образования отхода. В качестве основополагающей технологии подготовки следует считать интенсивную раздельную технологию, предложенную академиком В. И. Соломатовым и получившую развитие в работах его учебников и последователей. Она предполагает разделение процесса подготовки на самостоятельные блоки, одним из которых является блок приготовления добавок и смесей.

Доминирующая роль принципа раздельности непосредственно вытекает из полиструктурной теории композиционных строительных материалов. В соответствии с этой теорией все строительные композиты представляются полиструктурными, то есть составленными из большого числа структур как на атомно-молекулярном уровне, так и во всем объеме изделия. Для оптимизации формирования каждого уровня структур рекомендуется определенный комплекс технологических переделов. Такой подход детально проработан применительно к золам.

Качество строительных материалов на основе промышленных отходов также должно определяться показателями однородности. Обычно показатели неоднородности состава отходов выше неоднородности природного полиминерального сырья (глин, трепелов).

Следовательно, применение отходов в технологии должна предшествовать предварительная подготовка, направленная, преимущественно, на усреднение и гомогенизацию до уровня минерального сырья. Начать такое сложное и трудоемкое дело можно только совместными усилиями ученых с экологической службой, комитетом по охране окружающей среды, руководителями предприятий, где используются отходы, бизнесменами, при поддержке спонсоров и рекламных информационных служб.

Техногенное сырье часто бывает сильно обводнено (например, золы гидроудаления, фосфогипсовые шламы,

нефелиновые шламы содержат до 60% воды), что требует дополнительной обработки перед их непосредственным использованием.

Что необходимо сделать, чтобы широко использовать отходы производства:

- дать оценку возможности промышленного использования;

- должна быть проведена детальная разведка или исследование промышленных отвалов;

- должно быть произведено усреднение состава;

- необходимо провести специальные технологические разработки с целью освоения этих отвалов.

Рациональное использование природных богатств – одна из важнейших задач современной науки и техники. Хотя общие запасы минерального сырья неисчерпаемы, все же месторождения с высоким содержанием полезного ископаемого в доступных к настоящему времени глубинах земной коры истощаются, и будут встречаться все реже. Производства, потребляющие «бедное» (т.е. содержащее менее 10% полезного ископаемого) сырье или требующие сложного технологического процесса и многокомпонентной смеси, характерны наличием большого количества побочных продуктов-«отходов производства». Даже при переработке богатых руд большие объемы производств приводят к образованию отвалов, что порождает проблему использования отходов (доменные шлаки, золы и шлаки твердого топлива, фосфогипс и т.д.)

Предлагается система критериев, которая включает многостороннюю оценку техногенных материалов и предусматривает их комплексное использование для получения вяжущих веществ. Традиционные сырьевые материалы характеризуются, как правило, узкой направленностью применения. Сложный химико-минералогический состав большинства промышленных отходов предопределяет их уни-

версальность. Предлагаемый подход предназначен для оценки многотоннажных твердых техногенных материалов минерального происхождения. Новый подход предусматривает определенную последовательность тестирования, несколько уровней оценки отходов по *различным критериям*.

I-й уровень-химический состав Полная информация о содержании основных оксидов, элементов, потерях при прокаливании имеет первостепенную важность при оценке материалов и определяет характер последующих действий.

II уровень-экологические характеристики. Критерием экологической чистоты служат данные о концентрации тяжелых металлов, токсичных веществ и значении удельной эффективной активности естественных радионуклидов.. при невысоком содержании тяжелых металлов допускается использование отходов в обжиговых технологиях при условии образования в массе достаточного для консервации расплава. Экологически опасные отходы без предварительной очистки не могут быть использованы и направляются на захоронение.

III уровень-минеральный состав Техногенные материалы существенно отличаются от традиционного сырья-вещественным составом, структурой исходных минералов Это объясняют тем, что глубина карьеров по добыче сырья для стройиндустрии (20-50м) не столь значительно изменялась за последние 50 лет по сравнению с глубиной рудных месторождений, где она достигает 350-500м

IV уровень-реакционная способность. Функциональная особенность вяжущих веществ проявляется при формировании технического камня в ходе физико-химических процессов. Химическая активность по отношению к затворителю зависит от состава вяжущих веществ, который обеспечивается при обжиге сырья или за счет смешивания различных компонентов.

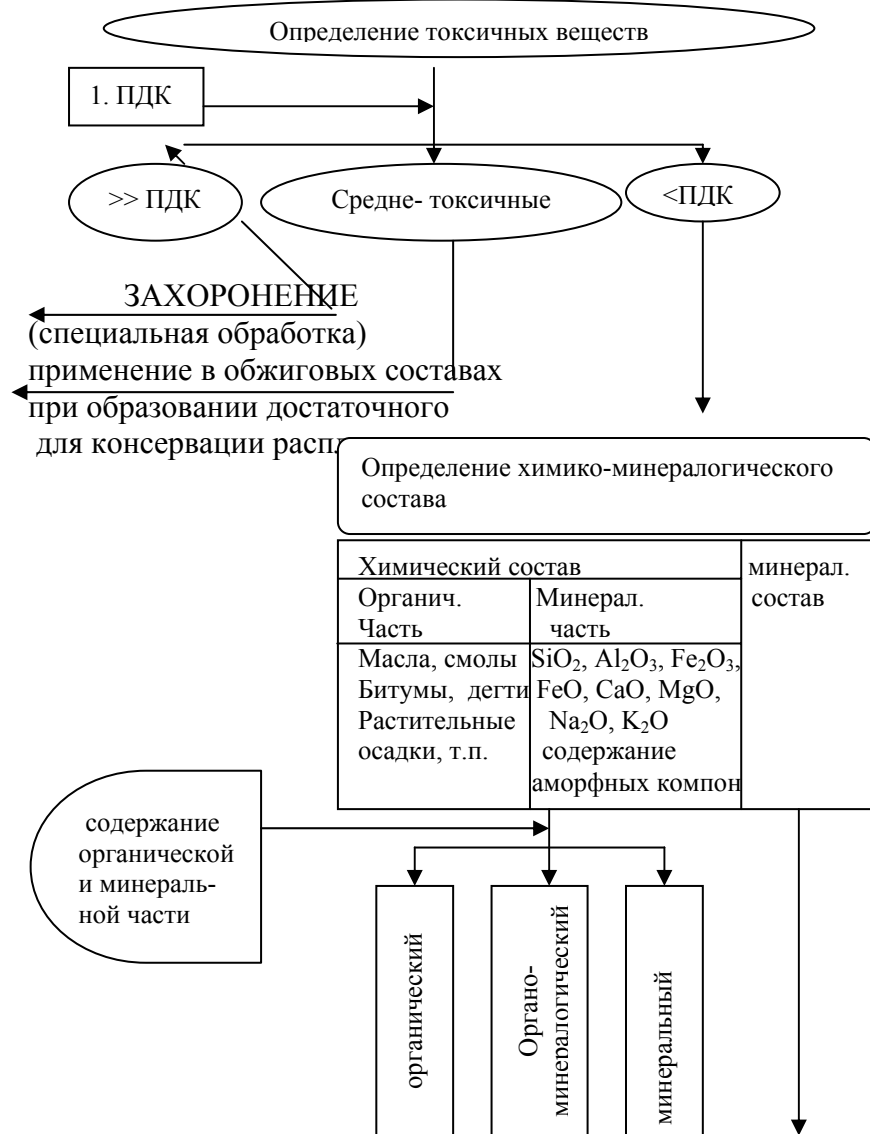
Для ряда техногенных материалов тепловая обработка обеспечивает проявление вяжущих свойств. Это способны подтвердить исследования гидратационной активности термообработанных отходов.

Для смешанных вяжущих критерием реакционной способности является гидратационная активность техногенного компонента. Реакционная способность фактически предопределяет возможные пути использования техногенного сырья.

V уровень- физико-механические свойства. Изучение размолоспособности, пластичности, водопотребности и других характеристик отходов позволит оценить степень их подготовленности к участию в технологических процессах, уточнить способы и параметры обработки техногенного сырья.

VI уровень - технико-экономические показатели

Анализ результатов комплексного исследования отходов позволит выделить рациональные направления утилизации. Современное развитие научно-технического прогресса позволяет уже сейчас использовать значительную часть отходов производства большинства отраслей промышленности, превращая их в ценное сырье. В производстве строительных материалов и в строительстве применяются различного рода шлаки, золы, горные породы, отходы в виде боя, лома, обрезки и т.д. Наличие этих видов отходов свидетельствует о несовершенстве технологического процесса, отсутствие комплексности производства. С развитием строительного производства эти недостатки устраняются, постепенно должно исчезнуть понятие «отходы», сами отходы превращаются в попутные или даже основную комплексно производимую продукцию данного предприятия.



В настоящее время ежегодно в России образуется более 100 млн. т. золошлаковых отходов от сжигания твердого топлива, свыше 70 млн.т. доменных, конверторных и электроплавильных шлаков, миллионы тонн вскрышных пород предприятий по добыче руд черных и цветных металлов, химического сырья и топлива, накапливаются хвосты обогащения основного полезного ископаемого. Объемы отходов угледобычи и углеобогащения превышают 2 млрд.т. в год. В промышленности используются меньше половины этих отходов, остальная часть складывается в отвалах, занимая пахотные земли площадью около 1 млрд. га, что приводит к физическому, химическому загрязнению окружающей среды, воздействуя на земную кору и меняя ландшафты. Вместе с тем эти отходы представляют собой минеральное сырье, которое может использоваться для изготовления строительных материалов и изделий различного назначения, заменяет дорогостоящее дефицитное традиционное сырье.

Из более трех сотен естественных радионуклидов (ЕРН), содержащихся в строительных материалах, изделиях и конструкциях, наиболее существенное значение имеют радионуклиды урана и тория, а также калий. Их поглощенная доза гамма-излучения из всех земных источников излучения составляют 25, 40, 35% соответственно. В России показателем оценки и нормирования радиационных параметров минерального сырья и строительных материалов является удельная $A_{уд}$ и эффективная $A_{эфф}$ активность естественных радионуклидов, в зависимости, от значения которой все строительные материалы и изделия делятся на четыре класса:

класс 1, до 370 Бк/ кг-все виды строительства;

класс 2, 370 –740 Бк/ кг –дорожное строительство в пределах населенных зон и строительство производственных сооружений;

класс 3, 740-1350 Бк/кг – дорожное строительство вне населенных пунктов;

класс 4, свыше 1350 Бк/кг – вопрос об использовании материалов решается по согласованию с Госкомсанэпиднадзором.

Наибольшую $A_{эфф}$ имеют золы, шлаки ТЭЦ и ГРЭС; глинистое сырье и керамические материалы (керамзит, кирпич, керамическая плитка), однако их значение не превышает $A_{эфф}$ материалов, применяемых во всех видах строительства согласно ГОСТ 30108-94 “Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов”. На основании анализа статистических показателей $A_{эфф}$ зол и шлаков ТЭЦ и ГРЭС разных краев и областей можно отметить достаточно низкую удельную активность естественных радионуклидов зол, шлаков и золошлаковой смеси, получаемых при сжигании бурых углей КАТЭКа. Следует отметить, что среднее значение $A_{эфф}$ керамических материалов: керамической плитки (170Бк/кг), кирпича (171 Бк/кг), керамзита (168 Бк/кг)-находится в области допустимых значений, но выше, чем сырья –глин и суглинков (159 Бк/кг). Это обусловлено обогащением материалов естественными радионуклидами в процессе обжига. По сравнению с зарубежными радиационные параметры отечественной керамической плитки значительны. Обратная закономерность наблюдается у минеральных вяжущих веществ : величина $A_{эфф}$ цемента (101Бк/кг), строительного раствора (79,9Бк/кг), силикатного кирпича (59,7Бк/кг) значительно ниже, чем карбонатного сырья, песка и щебня (131 Бк/кг). Широкий диапазон разброса активности ЕРН свидетельствует о возможности управления таким параметром качества, как радиоактивность строительных материалов и изделий, путем нормирования содержания сырья в материалах, использования сырья с низким содержанием радионуклидов и ограничения количества при-

меняемого строительного материала с повышенной радиоактивностью.

2. Источники образования промышленных отходов

При производстве строительных материалов используются отходы следующих производств:

1. Отходы угледобывающей промышленности и тепловой энергетики (горелые шахтные породы, отходы угледобывающих фабрик, золы и шлаки ТЭЦ);
2. Отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности (отходы пиления и обработки древесины);
3. Отходы биохимической промышленности (гидролизный лигнин);
4. Отходы переработки рудных пород (отходы флотации (обогащения руд));
5. Отходы химической промышленности (отходы заводов синтетических моющих средств, отходы нефтеперегонного завода, отходы производства целлюлозы, отходы мыловаренных заводов);
6. Отходы промышленности строительных материалов (отходы керамической промышленности, отходы производства цемента, отходы производства асбестоцементных материалов, отходы дробильно-сортировочных предприятий, отходы производства силикатных изделий, отходы стекольных заводов и т.д.);
7. Отходы металлургической промышленности (отходы сталеплавильной промышленности, черной металлургии);
8. Отходы городского хозяйства (отходы автомобильного транспорта, отходы от ремонта дорог);
9. Отходы фарфорового производства;
10. Отходы полимерных материалов;
11. Отходы текстильных материалов;
12. Прочие виды отходов.

3. Эффективность использования отходов

Целесообразность применения отходов продиктована двумя основными факторами: необходимостью улучшения экологической обстановки; разработкой ресурсо- и энергосберегающих технологий, снижением себестоимости продукции.

В настоящее время при значительных объемах техногенных скоплений уровень их полезной утилизации невысокий. Развитие материального производства при современных масштабах сопровождается увеличением объемов различных отходов. Удаление их требует затрат, достигающих иногда 8-10% стоимости производимой основной продукции.

В современных условиях особое значение для эффективного развития народного хозяйства имеет проблема более широкого вовлечения в производство образующихся отходов, что позволяет расширить сырьевую базу и снизить загрязнение окружающей среды.

Достаточно эффективно и в значительных объемах образующиеся отходы могут потреблять такие отрасли, как строительство и промышленность строительных материалов. В настоящее время на основе отходов различных отраслей, предприятия строительных материалов выпускают изделия и материалы должного качества, причем с меньшими затратами на производство, чем при использовании первичного сырья, так как исключаются расходы на добычу, транспортирование, обработку сырья. В современных условиях одной из важнейших задач является широкое использование вторичных сырьевых материалов. Промышленностью строительных материалов накоплен положительный опыт использования отходов, как сырья для производства эффективных строительных материалов, не уступающих по качеству изделиям, полученным при использовании первичного сырья.

Большие масштабы производства, разнообразие конструктивных типов зданий и сооружений требуют, чтобы сырье для производства строительных материалов было массовым, относительно дешевым и пригодным для изготовления изделий широкой номенклатуры. Таким требованиям в наибольшей степени отвечают многие виды отходов различных отраслей. Поэтому в настоящее время особенно актуальной становится задача использования многих видов отходов, так как их применение снижает себестоимость строительной продукции, приводит к экономии капитальных вложений, материальных и трудовых затрат, способствует интенсификации строительного производства, охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов. Предприятиями промышленности строительных материалов добывается и перерабатывается в настоящее время более 2 млрд. м² сырья. Ежегодное потребление топлива превышает 70 млн. тонн, электроэнергии – 50 млрд. кВт *ч.

Взаимосвязь между промышленностью строительных материалов и конечным потребителем ее продукции - строительством, требует оценки эффективности капитальных вложений посредством сопоставления их со снижением себестоимости, исчисленной по конечной продукции, то есть по смонтированным конструкциям с учетом затрат на эксплуатацию зданий и сооружений. Такая оценка взаимозаменяемых строительных материалов из отходов и первичного сырья выполняется по комплексным, текущим и капитальным затратам на производство, транспортирование и применение материалов в строительстве на ту единицу измерения, которая наилучшим образом отражает конечное потребительское назначение данной продукции (квадратный метр стен, полов, внутренних перегородок). При оценке эффективности использования вторичного сырья и отходов промышленности учитывается снижение ущерба от загрязнения

окружающей среды. Такая оценка должна быть комплексной, то есть учитывать как фактор предотвращения ущерба от воздействия отходов на окружающую среду, так и экономию от замены традиционных материалов изделиями, базирующимися на вторичном сырье.

Использование отходов тепловых электростанций (топливных зол и шлаков) следует считать частью общей проблемы сохранения и очистки от загрязнения окружающей среды.

Загрязнение окружающей среды- воздуха, воды и почвы - одна из важнейших проблем современности, касающаяся практически всех стран, и в особенности высоко-развитых.

4. Комплексное использование местных вулканических пород, отходов горно-обогатительных фабрик и вскрышных пород

Распространение наиболее важных минералов в земной коре по Белянкину приводится (в %) ниже:

Полевые шпаты	55
Орто- и метасиликаты	15
Кварц	12
Слюда	3
Магнетит и др. окислы железа	3
Глины	1,5
Кальцит	1,5
Доломит	1,0
Апатит и др. фосфаты	0,7
Пирит и др. сульфиды	0,3
Галит и др. хлориды	0,3
Флюорит и др. фториды	0,2

Химический и минералогический состав земной коры, приведенный выше, вычислен, исходя из условной толщины ее, в 16км. При такой толщине осадочные породы соста-

вят около 5%, а на долю магматических пород придется 95%. Для промышленных целей используются пока верхние слои земной коры (менее 3км), что существенно изменяет соотношение окислов и минералов за счет повышения доли осадочных горных пород. Тем не менее, можно отметить, что полевые шпаты и другие алюмосиликаты, а также магнийсодержащие минералы еще недостаточно освоены, особенно по сравнению с главнейшими минералами осадочных горных пород.

Рассмотрим в качестве примера комплексное использование перлитовых пород Мухор-Талинского месторождения Республики Бурятия.

4.1. Комплексное использование перлитов Мухор-Талинского месторождения

Перлит-это разновидность вулканического водосодержащего стекла, изверженная горная порода темно зеленого, темно серого, иногда темно красного цвета с режущим изломом.

Около 1 млн. 200 тыс. кубометров перлитов обнаружено на Мухор -Талинском месторождении в Бурятии.

В лаборатории Иркутскалюминстроя уточнен химический состав забайкальских перлитов. В него входят: 68% окиси кремния, 16% окиси алюминия, 8,7% щелочей, 6% химически связанной воды, около 1% окиси железа и доли процентов окислов магния и кальция. Перлиты содержат до 8% химически связанной воды, обсидианы - до 1%, благодаря наличию химически связанной воды перлитовые породы способны вспучиваться.

В лабораторных условиях сырой перлит, раздробленный на щебень, около четверти часа просушивается при температуре 300 –350⁰С в муфельной печи. После этого его в течение 35-50 секунд обжигают во вращающейся печи при 1140-1170С⁰. После такой обработки получается очень легкий белый и серовато-белый материал средняя плотность

вспученного перлита 430-530 кг/м³, насыпная плотность щебня 250-270 кг/м³, перлитового песка 160-185 кг/м³. Заметим, что только при указанной температуре забайкальский перлит хорошо вспучивается при более высокой он плавится, при более низкой вспучивается плохо.

Исследованиями установлена возможность получения на базе вспученных перлитов следующих бетонов: конструкционного со средней плотностью 1500 кг/м³ и прочностью на сжатие более 15 МПа; теплоизоляционно-конструкционного со средней плотностью до 500 кг/м³, и прочностью на сжатие менее 3,5 МПа, Кроме того, получены сверхлегкие перлитовые растворы для акустических огнезащитных и теплоизоляционных штукатурок и, применение перлитовых засыпок для утепления кровли.

На основе стекловидного перлита получают портландцемент с активной минеральной добавкой до (20%), пуццолановый портландцемент с содержанием активной минеральной добавки свыше 20%, вяжущие низкой водопотребности, известково-перлитовые вяжущие, щелочные вяжущие, как сырьевой компонент для получения портландцемента, а также для получения вспученного перлита и баротелита. Баротелит –легкий заполнитель, который получают в барокамерах при повышенном давлении и низких температурах, материал доводят до пиропластического состояния, затем давление сбрасывают до атмосферного и в результате резкого снижения давления происходит вспучивание. Баротелит позволяет получить легкие бетоны со средней плотностью 700-750 кг/м³, в отличие от вспученного перлита, на основе которого можно получить легкий бетон с плотностью 1000-1100 кг/м³. Стекловидный перлит является сырьем для производства пеностекла, стекловолокна, как добавка-плавень в керамические материалы

На основе вспученного перлита получают обжиговые и безобжиговые теплоизоляционные материалы. К безобжи-

говым теплоизоляционным материалам относятся: битумоперлит, перлитцементные, силикатоперлит, фенолоперлит, перлитофосфогелевые, перлитопластбетон и др.; к обжиговым относятся перлитошамотные, керамоперлитные, перлитофосфатные, перлитовый легковес.

Сопутствующие перлитовые породы – это туфы, фельзиты, липариты, обсидианы, отличающиеся от перлитов не столько химическим составом, сколько степенью кристалличности или содержанием стекловидной фазы, так перлит содержит 70-98% стеклофазы, фельзит 20-40%, липариты 0-5%. Из сопутствующих пород по щелочно-гидротермальной технологии получают канозит (промежуточный продукт для производства хрусталя), искусственные цеолиты, карбосиликат, используемое как наполнитель бумаги, лаков, красок), натриевое и калиевое жидкое стекло, метасиликат натрия, используемое как отбеливатель бумаги, в текстильной промышленности и как затворитель щелочных вяжущих сопутствующие перлитовые породы могут использоваться как заполнители для получения легких бетонов, витразитовый гравий, щелочные вяжущие, минеральная вата и т.д.

4.2. Использование отходов горнодобывающей промышленности.

В настоящее время все больше используются запасы с бедным содержанием полезных компонентов, вследствие чего возрастают затраты энергии на их добычу и переработку, увеличивается количество отходов и загрязнение окружающей среды. Современные экосистемы горнодобывающих, металлургических предприятий и топливно-энергетических комплексов очень опасны для жизни самого человека. Это связано с громадными масштабами выбросов газов и пыли в атмосферу; с формированием опасных стоков, ухудшающих состояние водных и почвенных ресурсов; с нарушением сбалансированного состояния экосистем;

с коренным изменением исторически сложившихся ландшафтов с их биоценозами. Предотвращение возможной экологической катастрофы заключается, с одной стороны, в способе и количестве добываемой энергии, с другой – в комплексном подходе к рациональному использованию природных ресурсов, в добыче ископаемых, использовании всего объема добываемых руд, большая часть которых хранится в хвостохранилищах и в контурах месторождений уже отработанных по действующим кондициям.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- оценка запасов вторичного сырья, накопленного в результате добычи и переработки, металлургических руд;
- планирование комплексного использования рудного и нерудного сырья осваиваемых месторождений;
- планирование полного использования вскрышных пород и продуктов сжигания каменных и бурых углей;
- ранжирование сырья по степени вредного воздействия на человека.

Использование низкосортного хризотил асбеста

Отходы обогащения асбестовых руд, в число которых входит часть сортового асбеста (6 и 7 сорта), являются высококачественным сырьем. Ежегодное образование таких отходов достигает 1,5 млн. т. при этом создаются очаги экологического загрязнения. Изучалась возможность использования такого вида магнезиального сырья в производстве теплоизоляционных и конструктивных керамических материалов для тепловых агрегатов промышленности строительных материалов.

Изучалась возможность использования такого вида магнезиального сырья в производстве теплоизоляционных и конструктивных керамических материалов для тепловых агрегатов промышленности сырьевых материалов.

Наиболее высокотемпературным магнийсодержащим соединением в этой системе является форстерит

Mg_2SiO_4 (t плавления 1890-1910⁰ С). Однако получение легковесных материалов на его основе при использовании асбеста однократным обжигом невозможно из-за большей усадки обжига (более 30%). По данным исследований минимальной усадкой при обжиге в ряду магнезиальных алюмосиликатов обладает кордиерит $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$.

В настоящее время в промышленности строительных материалов используются шамотные огнеупоры и теплоизоляция общего назначения с рабочей температурой не выше 1300⁰С, а температура плавления кордиерита составляет 1460⁰С.

В результате проведенных исследований получена теплоизоляция и конструкционная керамика полусухого прессования со следующими характеристиками: плотность 0,8-1,6 т/м³, прочность при сжатии 2,5-18 МПа, теплопроводность при 600⁰С 0,35-0,8 Вт/м град, рабочая температура 1300⁰С. Для шамотных изделий: плотность 0,8-2,2 т/м³, $R_{сж} = 2,5-12,5$ МПа, теплопроводность 0,47-1,34 Вт/м*град., рабочая температура 1250-1300⁰С эти новые материалы предлагается применять в качестве эффективного заменителя огнеупоров и теплоизоляции шамотной группы в обжиговых агрегатах керамических и других производств с рабочими температурами до 1300⁰С.

Вскрышные породы – как сырье

для производства строительной керамики

Кристаллические сланцы – плотная 2,69-2,73 г/см³, прочная $R_{сж} = 200$ МПа порода, представленная разновидностями кварц-биотитовых сланцев, а высокоглиноземистая вскрышная порода каолинит – гидрослюдистого состава низкопластичная (пластичность 6-7) состоит в основном из каолинита, гидрослюды и гематита.

Использование кристаллических сланцев в керамических смесях на основе легкоплавких глин приводит к уменьшению формовочной влажности смеси до 2-3,5% и

снижению усадки и чувствительности глины к сушке. Обжиг при $t = 950-1050^0$ показал, что изделие из разработанных составов имеют прочность на 45-50% выше, чем исходные, и дают возможность получить кирпич с маркой 150-200.

Введение в керамические смеси кристаллических сланцев дает возможность производить керамические канализационные трубы.

Для производства керамических плиток на основе легкоплавких глин для повышения содержания в составе смеси Al_2O_3 расширения температурного интервала спекания и уменьшения деформации при обжиге вместо дефицитных компонентов (каолина, огнеупорной глины) вводят высокоглиноземистую вскрышную породу.

Используя такую добавку удалось получить фасадные керамические плитки при $t = 1050^0$ С.

Экструзионный асбестоцемент

с использованием отходов обогащения

Горно-обогатительные комбинаты ежегодно сбрасывают в отвалы отходы обогащения железной руды, которые, могут быть использованы в производстве экструзионного асбестоцемента.

В отходах содержится до 65% кварца и недоизвлеченные рудные минералы магнетит и соединения Fe.

Их вводили в асбестоцементную массу в количестве от 0-50%. Физико-механические испытания после автоклавной обработки по режиму 2+8+2 при давлении 0,8 МПа, показали, что образцы, содержащие оптимальное количество отходов обогащения, имели прочность на 20% выше, чем контрольные. Это является результатом активации кварца и других компонентов отходов при автоклавной обработке.

Рентгенофазовый анализ показал, что при введении этих добавок увеличивается и степень гидратации портландцемента. Продукты твердения представлены в основном низкоосновными гидросиликатами кальция типа CSH.

В повышении прочностных показателей имеет значение также и отсутствие среди новообразований гидросиликатов типа C_2S , понижающих прочность вследствие пластинчатого строения.

Были изготовлены методом экструзии подоконные доски с использованием отходов обогащения с применением автоклавной обработки.

*Использование известняковых пород,
добываемых со сланцем*

Горючие сланцы – это ценное сырье, содержащее органические вещества, поэтому их можно использовать не только как топливо и материал для химической промышленности, но и как комплексное сырье, минеральная часть которого, может быть использована в строительстве.

Технологическая схема обогащения предусматривает: после предварительного отсева на колосниковых грохотах со щелью 300 мм горная масса крупностью 1000-1200 мм поступает в барабанную дробилку, где сланец и, частично порода дробятся и направляются на перегрузочный пункт.

Порода – известняки – отходы - отмываются от магнетита и обезвоживаются на резонансных грохотах. Прослойки известняков являются низкокарбонатным сырьем и в основном характеризуются содержанием окиси кальция 44,8-47,7%.

В результате обогащения горной массы на обогатительной фабрике в известняках – отходах происходит увеличение содержания горючих веществ и летучих по сравнению с прослоями известняков.

Известняки удовлетворяют требованиям предъявляемым к сырьевым материалам для цементной промышленности и могут быть использованы для приготовления портландцементной шихты.

Другим потребителем известняка может быть строительная промышленность, которая успешно использует известняковый щебень.

Щебень из известняков пригоден в качестве сырья для тяжелых бетонов М400.

Фракции известняка 0-20мм могут использоваться в качестве сырья для производства строительной извести и заполнителя асфальтобетона.

При производстве щебня образуется большое количество высевок карбонатных пород, которые могут стать заменителем цемента при укреплении основания дорог.

Для исследования были выбраны высевки после дробления мергелистого доломита, в исходной породе которого содержалось: $CaCO_3$ —48%, $MgCO_3$ —38%, $SiO_2+R_2O_3$ —13% по массе.

Результаты испытаний показали, что необходимо обжигать мергелистые карбонатные породы при температуре не менее 1100⁰С.

Обоженные высевки могут быть использованы в конструктивных слоях в качестве самостоятельного материала или в составе смесей с инертными каменными материалами.

Из фракции 0-20 мм можно производить известняковую муку.

Применение карбидной извести и карбонатных отходов. На содовых, целлюлозно-бумажных, азотно-туковых предприятиях скапливаются в виде отходов $CaCO_3$.

Карбидная известь применяется для получения известково-кремнеземистых вяжущих и на их основе автоклавных материалов. В качестве кремнеземистых компонентов используются полевошпатовые пески, горелые шахтные породы, вскрышные породы, отвалы доменные шлаки и отходы обогащения руд.

Совместный помол карбидной извести с песком приводит к повышению активности смеси в 2-2,5 раза. Предел прочности при сжатии изделий на карбидной извести после запаривания достигает 25 МПа.

Автоклавные силикатные изделия, приготовленные с применением известьсодержащих промышленных отходов можно применять в конструкциях, соприкасающихся с минерализованными водами (после ТВО - нестойкие)

Одним из промышленных направлений использования этих ресурсов является получение известково-белитового вяжущего и силикатного кирпича марок 125-200 с морозостойкостью 25 на его основе и для производства строительных растворов, плотных автоклавных бетонов маркой 150-300, газобетонов плотностью 300-800 кг/м³ и керамзитобетонов марок 35-50. Отходы содового производства используются для получения наполнителя асфальтобетонных смесей, линолеума, поливинилхлоридной плитки и тампонажных материалов.

4.3. Комплексное использование доломитов

В Сибири имеется ряд крупных месторождений доломита, часть из них разрабатывается для нужд металлургической промышленности. На территории Бурятии имеется Билютинское месторождение доломитов в Заиграевском районе. Комплексное использование добываемого сырья возможно при условии обжига доломита и получения при этом различных вяжущих веществ. Наиболее перспективным направлением является получение каустического доломита.

При использовании каустического доломита в смеси с опилками в отношении 1,3:1 (рекомендуемое соотношение вяжущее: опилки составляют 2:1 и 3:1 по объему) и при затворении раствором $MgSO_4$ получен высококачественный ксилолит, при средней плотности 1,48 г/см³, предел прочно-

сти при изгибе составил 2,58 МПа, предел прочности при сжатии 4,65 МПа.

Доломитовая известь в лабораторных условиях была получена обжигом при температуре 900⁰С. Средняя плотность кусков обожженного материала составляла 1,6 - 1,7 г/см³, температура гашения полученной доломитовой извести 48-50⁰С. Активность извести 80-86%. Время гашения извести составило 4 мин.

С использованием такой доломитовой извести был получен силикатный кирпич М150, прочность сырца составляла 0,6 МПа. При корректировке сырьевой смеси другими добавками совместно с доломитовой известью получен силикатный кирпич М200 с прочностью сырца 1 МПа.

При применении доломитовой извести в качестве компонента смешанного известково-цементного вяжущего получен автоклавный газобетон со средней плотностью 700 кг/м³ и прочностью при сжатии 5-6 МПа.

Перспективным является использование магнезиальных вяжущих, полученных из доломитового сырья - каустического доломита или доломитовой извести в производстве сухих строительных смесей.

Сухие строительные смеси изготавливались на основе комбинированных вяжущих, представляющих собой смеси магнезиального компонента и строительного гипса, а также магнезиального компонента и портландцемента. В качестве магнезиального компонента использовался каустический доломит, полученный обжигом при 780⁰С, содержащий 28% MgO ; 1,5% CaO и 70,5% $CaCO_3$.

Гипсодоломитовые смеси затворялись как водой, так и раствором сульфата магния. Образцы-кубы с размером ребра 2 см твердели в течение 28 сут в воздушно-сухих условиях. Предел прочности при сжатии возрастал при увеличении содержания каустического доломита в смеси. Для смеси, содержащей 70% каустического доломита при затворении

10%-ным раствором сульфата магния, предел прочности при сжатии составил 37,5 МПа.

4.4. Использование вулканических шлаков.

Вулканические шлаки – сыпучие и обломочные породы пористой ноздреватой структуры из вулканического стекла основного либо среднего состава с примесью других продуктов вулканических извержений. На территории Бурятии имеются Хурай-Цакирское (Закаменский район) и Тункинское месторождение вулканических шлаков. На шлак похожа пемза, отличающаяся от него химическими свойствами. Пемза легче и светлее шлака. Цвет шлака так же, как и пемзы, и туфа, определяется его химическим составом: если преобладает оксид железа над его закисью, то цвет породы красный, если наоборот, то черный. В черных породах может быть одинаковое количество оксида и закиси железа.

Вулканические шлаки природного состава характеризуются наличием гранул различной величины, от пылевидных составляющих (размером менее 0,14мм) до крупных обломков – так называемых шлаковых бомб, объемом до 1-2м.

Материал тем эффективнее, чем больше его прочность при сжатии и меньше плотность, соотношение между ними наглядно иллюстрирует коэффициент легкости K :

$$K_{\text{л}} = R/\rho.$$

Исследования показали, что молотый вулканический шлак придает мелкозернистому шлакобетону жаростойкие свойства (до 800⁰С).

Коэффициент размягчения Хурай-Цакирских шлаков достаточно высок и колеблется в пределах 0,75-0,81 $\geq 0,75$, что позволяет использовать их как в теплоизоляционных, так и в конструкционно-теплоизоляционных бетонах.

Истинная плотность шлаков 2,7-2,8т/ м³, т.е. такая же, как у армянских шлаков.

С увеличением плотности увеличивается прочность и модуль упругости шлака, как и других материалов, но между R и ρ наблюдается линейная связь (с достаточной степенью близости) вместо квадратичной $R=61\delta^2$, где δ – отношение средней плотности и истинной плотности каменного материала.

По мере водонасыщения деформативные свойства шлаков, как и всех каменных материалов, изменяются: вода продвигается до того места, где ширина пор становится равной размеру молекулы воды. В результате раскливающего эффекта происходит набухание шлака, появление микротрещин, ослабление прочности и снижение модуля упругости.

Вулканические шлаки Бурятии удовлетворяют требованиям, предъявляемым к природным пористым заполнителям для легких бетонов.

Испытание шлака, молотого до удельной поверхности 2000-5000 см²/г, показало его высокую гидравлическую активность, в связи с чем его можно относить не к заполнителю, а к цементу. Пылевидные шлаковые частицы в бетоне играют роль активной минеральной добавки (АМД), химическое взаимодействие которой с гидроксидом кальция, выделяющимся при твердении цементного клея, увеличивается с повышением температуры. Следовательно, для шлакобетонов, содержащих АМД, тепловлажностная обработка (ТВО) наиболее эффективна.

Закаменские шлаки стойки против силикатного и железистого распада. Кроме того, они характеризуются достаточно высокой морозостойкостью, позволяющей получать на их основе бетоны марки F 150 и выше.

В зависимости от условий твердения прочность шлакобетона изменяется по-разному: во влажных условиях при положительной температуре она возрастает в 1,5-2 раза, при твердении в воздушно-сухих условиях и положительной

температуре – уменьшается в 1,5-2 раза. Особенно сказывается на снижении прочности шлакобетона отсутствие начального ухода за ним. Аналогичное явление наблюдали многие исследователи для разных бетонов. На изменение прочности шлакобетона во времени существенное влияние оказывают гранулометрический состав заполнителя, расход цемента, а также водоцементное отношение В/Ц.

Явления, протекающие при вибрировании – наиболее распространенном методе уплотнения легкобетонных смесей, отличны от тех, что наблюдаются при вибрировании бетонных смесей на тяжелых заполнителях. Это объясняется особенностями свойств пористых легких заполнителей: меньшей средней плотностью, повышенными водопоглощением и шероховатостью поверхности. В результате, бетонные смеси на пористых заполнителях в сравнении со смесями на плотных заполнителях характеризуются меньшей степенью самоуплотнения, большим сопротивлением сдвигу, повышенным внутренним трением.

Предельные деформации при нормальных температурно-влажностных условиях хранения шлакобетона увеличиваются за 3 года примерно на 10-20%.

Усадка легких бетонов больше, чем тяжелых, - это положение справедливо и для шлакобетонов, что объясняется повышенной деформативностью пористых заполнителей, уменьшением водосодержания бетона, контракцией, самовакуумированием, карбонизацией и т.д. Процесс усадки сложен и длителен, зависит от многих факторов, которые можно разделить на две группы; в первую входят вид заполнителя, его деформативные свойства гранулометрический состав, вид и сорт цемента, состав бетона и его В/Ц; во вторую - размеры образцов, температурно-влажностный режим окружающей среды, возраст бетона и т. д. При заданных определенных материалах наибольшее влияние на усадку оказывают В/Ц, расход цемента, количество пыле-

видной составляющей в бетоне, его возраст и температурно-влажностный режим.

4.5. Применение железистых, серосодержащих и кремнеземистых побочных продуктов

Пиритные огарки - отход производства серной кислоты, потребляющей в качестве основного исходного сырья серный колчедан. Основная масса этих отходов поступает в отвалы, а некоторая часть используется в качестве корректирующей высокожелезистой добавки в сырьевую смесь при производстве портландцемента.

5. Комплексное использование металлургических шлаков в производстве строительных материалов.

5.1. Классификация шлаков.

Металлургия традиционно является одним из главных "поставщиков" техногенного сырья для промышленности строительных материалов. Особенность ее многотоннажных отходов заключается в том, что техногенное сырье уже прошло высокотемпературную обработку, кристаллические структуры в отходах сформированы и они не содержат органических примесей.

Техногенные продукты металлургического комплекса следует разделять на отходы черной и цветной металлургии и отходы сталеплавильного производства. Наибольшее применение получили доменные шлаки черной металлургии. Сравнительно мало изучены возможности использования шлаков сталеплавильных производств и цветной металлургии.

Шлаки черной металлургии могут быть сталеплавильными, мартеновские ваграночными и доменными.

Главный представитель данного вида шлаков - доменные шлаки, которые образуются при выплавке чугуна в доменных печах.

Из 1,7-2т железной руды и плавней, получается 1т чугуна и 0,6-0,7т шлака. Количество шлака, как попутного продукта на различных металлургических комбинатах сильно зависит от содержания в коксе серы, применяемой извести для шихтовки, а также уровня используемой технологии.

Чтобы получить сталь, требуется дополнительный расход железной руды, топлива, различных горных пород, отнимающих из расплава чугуна фосфор, марганец, серу и при этом способствующих образованию мартеновских шлаков.

Из 2-2,3т железной руды и плавней, 1,9т топлива, 80т воды и десятков тонн воздуха получается, 1т стали и 0,2-0,3т шлака.

В ваграночных и электропечах выход шлаков составляет 0,1-0,4т на 1т металла.

Шлаки цветной металлургии. Производство цветных металлов сложный, дорогой и трудоемкий процесс. Для получения 1т меди, никеля, олова необходимо переработать от ста до трехсот тонн руды. Количество шлаков при выплавке 1т цветного металла достигает 15-25т. Это обстоятельство объясняется тем, что цветные металлы в природе встречаются только в виде соединений, рассредоточенных в горных породах и содержание окислов меди, никеля, цинка, олова в руде не превышает 3-5%, остальное пустая порода: пирит, кварц, карбонаты и силикаты кальция и магния.

Шлаки цветной металлургии отличаются от шлаков черной металлургии повышенным содержанием закиси железа (до 20-40%).

5.2. Характеристика и состав шлаков.

Шлаки - это искусственные силикаты. Они состоят из окислов кремния, алюминия, железа, кальция, магния, марганца, серы и других. Эти же окислы содержатся в природных глубинных горных породах. В зависимости от количественного соотношения окислов, а также от условий и ско-

рости охлаждения шлаковых расплавов шлаки могут иметь свойства гранита или вулканической пемзы.

И по цвету шлаки близки к горным породам. Они могут быть иссиня-черными, снежно-белыми, зелеными, желтыми, розовыми, серыми. Нередко они имеют серебристые, перламутровые и сиреневые оттенки. Шлаки могут быть плотными и пористыми, тяжелыми, как базальт, и легкими как туф или ракушечник. Плотность шлака колеблется от 3200кг/м³ до 800 кг/м³. Удельный вес шлака, т.е. вес его вещества, близок к весу природных каменных материалов и составляет 2,5-3,6г/см³.

По химическому составу доменные шлаки делятся на основные, нейтральные и кислые. К основным относятся шлаки с модулем основности $M = (CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$, больше единицы, к кислым меньше единицы.

Примерный химический состав доменных шлаков следующий:

SiO₂-30-40%, CaO -30-50% Al₂O₃ -4-20%, MnO-0,5-2%, FeO-0,1-2%, SO₃ -0,4-2,5%

Основные шлаки позволяют удалять из металла вредные примеси - серу, фосфор, поэтому основной сталеплавильный процесс получил наибольшее распространение.

Минералогический состав металлургических шлаков характеризуется наличием соединений с более низкой основностью, чем минералы портландцементного клинкера: меллилит Ca₂AlSiO₇-Ca₂Mg(Si₂O₇), ларнит β-Ca₂SiO₄, ранкинит Ca₃Si₂O₇, псевдоволластонит α-CaSiO₃, анортит Ca₂Al₂(Si₂O₈), монтичеллит CaMgSiO₄, диоксид CaMg(SiO₃)₂. Соотношение тех или иных минералов определяется не только химическим составом шлаков, но и условиями их охлаждения. Например, гранулированные шлаки состоят главным образом из стекла с кристаллическими включениями ларнита, меллилита. В отвальных шлаках

преобладают кристаллы ларнита, ранкинита, псевдоволластонита, меллилита, а в высокоглиноземистых кислых - анортита, при повышенных содержаниях MgO - морвинита $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_8)$, монтichelлита, диоксида.

При производстве литейного чугуна в вагранках образуются в основном кислые шлаки, т.е. с большим содержанием кремнезема чем окисей кальция и магния. При медленном охлаждении в кислых шлаках выделяются минералы - пироксены, анортиты, мелилиты, рудные минералы; в них присутствует также алюмокремнеземистое стекло.

5.3. Пути рационального использования шлаков.

Несмотря на универсальность металлургических шлаков, определять области их применения можно и нужно исходя из природы шлаковых расплавов. Только тогда ценные свойства шлаков будут полностью использованы.

Высококальциевые шлаки целесообразно направлять на грануляцию. На основе гранулированных шлаков можно получать различные виды высококачественных цементов.

Из нераспадающихся доменных шлаков, менее богатых окисью кальция, следует изготавливать шлаковую пемзу, литой щебень, литые изделия и шлаковую вату. Эти же изделия можно изготавливать из шлаков, склонных к силикатному распаду, но тогда потребуются дополнительные расходы на специальные технологические приемы, предотвращающие распад шлаков.

Основные мартеновские резко охлажденные шлаки обладают повышенной химической активностью и, так же как доменные гранулированные, могут быть использованы в производстве цементов.

Кислые шлаки пригодны также для производства шлаковой пемзы, литого щебня и шлаковой ваты.

Кислые сталеплавильные шлаки благодаря содержанию большого количества закиси железа, окисей марганца, маг-

ния, кремнезема отличаются от доменных шлаков способностью плавиться при более низких температурах.

Закристаллизованные кислые шлаки, в частности ваграночные, обладают повышенной стойкостью в щелочных и кислых средах, а также при высоких температурах. Это позволяет применять их в качестве заполнителей в кислотоустойчивых и жаростойких бетонах.

Гранулированные кислые шлаки мартеновского и ваграночного производства целесообразно использовать для получения шлакопортландцемента и других видов шлаковых цементов, применяемых в бетонных конструкциях, подверженных агрессивным воздействиям других агрессивных сред.

Основной потребитель шлаков - цементная промышленность, использующая ежегодно 20-23 млн. т. гранулированного продукта. Наличие скрытой тепловой энергии при неупорядоченной структуре стекла придает резко охлажденным шлакам высокую химическую активность, т.е. стремление при благоприятных условиях завершить начатое формирование структуры. Эта скрытая энергия стекловидных шлаков проявляется в его вяжущих свойствах. Молотый высококальциевый гранулированный (стекловидный) шлак при взаимодействии с водой способен твердеть, образуя прочный камень, подобно цементам. Процессы твердения могут протекать при 18-20⁰С, но более интенсивно идут при повышенной температуре и в присутствии активизаторов - извести, гипса и т.п.

Близость химического состава доменных гранулированных шлаков к химическому составу портландцемента и стекловидное состояние, придающее им дополнительную химическую активность, предопределили использование таких шлаков главным образом при производстве шлакопортландцемента в качестве добавки к клинкеру и при изготовлении бесклинкерных шлаковых цементов.

Технология изготовления гранулированного шлака не сложна и заключается в резком охлаждении жидкого расплавленного шлака водой или холодным воздухом.

Подвергать грануляции можно любые шлаки. Этот процесс шлакоемкий, т.е. из 1 т шлакового расплава получается 2-2,5 кубометров гранулированных шлаков. Целесообразнее всего резко охлаждать шлаки, богатые окисью кальция (доменные, мартеновские). Это предотвращает силикатный распад, а стекловидная структура с неупорядоченными химическими элементами обладает вяжущими свойствами.

Гранулированные шлаки, являясь продуктами высокотемпературных процессов, несут в себе огромный запас тепловой и химической энергии, что делает их высокорекреационными веществами, способными при небольшой дополнительной переработке превращаться в высококачественные цементы. Наиболее эффективным, дешевым является шлаковый цемент. Производство этого цемента несложно и не требует специального оборудования. Технология его изготовления сводится в основном к подсушке гранулированного шлака, дозированию составляющих и помолу их в мельницах различного типа. Тонкость помола должна быть выше чем у обычных цементов (удельная поверхность 3000-5000 см²/г). Для активизации гранулированных шлаков к ним добавляют обычную известь: для цементов из основных доменных и мартеновских шлаков в количестве 10%, из кислых шлаков цветной металлургии, ваграночного производства - 15-20%.

Другим важным направлением в использовании гранулированных шлаков является применение их в производстве шлакопортландцемента.

Введение шлака в состав цемента в количестве 30-50% не снижает марочной прочности портландцемента. Больше того, применяя активные стекловидные шлаки, заводы изго-

изготавливают быстротвердеющие шлакопортландцементы с повышенной прочностью - до 600 кг/см². Шлакопортландцементы находят самое широкое применение в строительной практике. Особо важную роль они играют в строительстве массивных гидротехнических сооружений. Дело в том, что при твердении цемент с добавкой шлаков выделяет в 1,5-2 раза меньше тепла, чем без добавки, что предопределяет повышенную трещиностойкость бетонных массивов.

Изготавливают шлакопортландцементы путем совместного помола в шаровых трубных мельницах портландцементного клинкера и гранулированного шлака, количество которого зависит от марки шлакопортландцемента.

Гранулированные шлаки используют также для производства шлакощелочных цементов, которые представляют собой гидравлические вяжущие вещества, получаемые путем тонкого помола гранулированного шлака совместно с малогигроскопичным щелочным компонентом или затворением молотого шлака растворами соединений щелочных металлов: натрия, лития или калия.

Щелочные компоненты вводятся в количестве 5-15% от массы шлака в пересчете на сухое вещество, в виде соединений щелочных металлов, дающих в водных растворах щелочную реакцию.

Шлакощелочные цементы имеют несколько разновидностей, в зависимости от состава их алюмосиликатной составляющей: бездобавочный цемент, цемент с добавками эффузивной или интрузивной горной породы, глинистых минералов, горелых пород, щелоче- и кремнийсодержащих веществ и др. Прочность таких цементов изменяется в пределах 60-180 МПа.

Активность шлакощелочных цементов с добавками эффузивных пород колеблется в пределах 40-100 МПа и зависит от их состава. Добавки кислого состава (перлитов,

липаритов) и среднего (андезиты) повышают активность, а добавки основных пород (базальты, диабазы) несколько снижают ее или оставляют в тех же пределах. Введение добавок позволяет заменить до 50% шлака. Они повышают морозостойкость до 1000 циклов и более, стойкость к воздействию различных коррозионных сред.

Шлаковая пемза (термозит) представляет собой ячеистый материал, получаемый в результате вспучивания расплавленного шлака при быстром его охлаждении. Вспучивание шлака осуществляется на специальных машинах центробежным способом на каскадных лотках или в бассейнах.

Из 1 т шлака можно получить 1,5-2 кубометра шлаковой пемзы.

Для вспучивания могут быть использованы любые шлаки, но лучшие результаты дают кислые, богатые кремнеземом и глиноземом. Шлаки не должны проявлять склонность к распаду и содержать больше 1,5-2,5% серы.

Показателями высокого качества шлаковой пемзы являются мелкие замкнутые поры, равномерно распределенные по всей массе, прочность ячеистой массы и низкая средняя плотность. Однако дробленая пемза имеет открытую пористую поверхность, что при изготовлении бетона увеличивает водопотребность массы и расход цемента. Это несколько снижает эффективность применения шлаковой пемзы по сравнению с керамзитом.

Насыпная масса термозита составляет 300-1100 кг/м³ в зависимости от размеров кусков и степени вспучивания. Щебень из термозита является хорошим заполнителем для получения легких термозитобетонов. При заливке расплавленного шлака в специальные формы можно получать изделия различного профиля и конфигурации.

Шлаковая вата и изделия из нее. Шлаковая вата самый легкий минеральный материал. Один кубический метр ее весит от 70 до 250 кг. Шлаковая вата обладает - биостой-

кость, температуростойкость (600-700⁰С), низкий коэффициент теплопроводности (0,038-0,055 Вт/м*град), высокие звукоизоляционные свойства.

При температуре 1200-1400⁰С шлаковый расплав, вытекая через летку вагранки, раздувается струей пара в волокно и уносится в камеру осаждения, где падает на сетку транспортера. Однако шлаковую вату целесообразно использовать не "в сыром виде", а в виде изделий. Поэтому в камере осаждения через форсунку распыляют различные связки (битумные эмульсии, фенолформальдегидные смолы и др.). Благодаря этим связкам волокно в камере осаждения представляет собой уже пропитанный шлаковый ковер, который подвергается дальнейшей тепловой обработке. Пройдя эту обработку, ковер охлаждается, и разрезается на отдельные куски, направляемые в специальные формообразующие или прессующие машины, из которых выходят готовые шлаковые изделия.

Из шлаковой ваты изготавливают войлок, жесткие маты, полужесткие и жесткие плиты, скорлупы, сегменты, рулонные гидроизоляционные материалы и многое другое. Изделия с повышенной жесткостью можно получать, применяя жидкое стекло, бентонитовую глину, трепел. Полужесткие изделия получают пропиткой ваты битумом высоких марок, фенольными и формальдегидными смолами.

Шлаковатные изделия применяются для теплоизоляции горячих и холодных поверхностей, трубопроводов, для утепления стен и покрытий жилых и промышленных зданий; для звукоизоляции в зданиях с повышенным шумом.

Сырьем для получения шлакоситалловых изделий являются кислые шлаки или любые другие шлаки, не склонные к силикатному распаду. В огненно-жидкий шлак, поступающий с металлургического предприятия, вводят добавки, корректирующие его состав, и модификаторы - вещества, катализирующие кристаллизацию шлаков (обычно

TiO₂, CaF₂ и P₂O₅). Модификаторы в тонкодисперсном состоянии ограниченно растворяются в массе стекла, и поэтому они служат центрами кристаллизации. Далее формуют изделия из расплава шлака с добавками. Важным элементом в формировании изделия является выбор правильного режима теплообработки.

Шлакоситалловые изделия характеризуются высокими физико-техническими свойствами, они обладают высокой износоустойчивостью, прочностью, химической стойкостью, хорошо сопротивляются атмосферным воздействиям, не обладают токсичностью. Средняя плотность шлакоситаллов - 2500-2650 кг/м³, прочность на сжатие 500-600 МПа, а на изгиб - 90-120 МПа, рабочая температура - до 750⁰С, температура размягчения - до 950⁰С. Шлакоситаллы могут быть получены любого цвета, а по долговечности конкурировать с базальтами и гранитами.

Сочетание физических и механических свойств шлакоситаллов обуславливает возможность их широкого использования в строительстве: для полов промышленных и гражданских зданий, декоративной и защитной облицовки наружных и внутренних стен, перегородок, цоколей, футеровки строительных конструкций, подверженных химической агрессии или абразивному износу, кровельных покрытий отапливаемых и неотапливаемых промышленных зданий, облицовки слоистых панелей навесных стен зданий повышенной этажности.

Широкое применение в строительстве зданий и дорог находит также щебень из отвалных нераспадающихся шлаков. Получают такой щебень обычно прямо на шлаковых отвалах. Большие куски застывшего шлака разбивают до размеров 300-400 мм и в таком виде направляют на дробильно-сортировочную установку. Готовый щебень разных фракций (80-40; 40-20; 20-10; 10-5 мм) идет на строительные площадки или на заводы сборного железобетона.

6. Источники образования золошлаковых отходов и пути их рационального использования.

6.1. Характеристика золы и золошлаковых отходов Улан-Удэнской ТЭЦ-2.

Золами обычно называют остатки от сжигания твердого топлива (угля, сланца, торфа). Размер частиц золы менее 0,14 мм. Более крупные зерна относят к шлаковому песку и щебню. Зола-унос (дымоходные золы) более однородны по составу и свойствам, чем золы отвала, поэтому они предпочтительнее для приготовления бетона. Пригодность золы для изготовления вяжущих и бетонов устанавливают опытным путем проверки химического состава и содержания вредных примесей, к которым относятся несгоревшее топливо, сера, негашеная известь, оксид магния. По виду сжигаемого топлива золы подразделяют на угольные, сланцевые и торфяные. В зависимости от модуля основности золы, как и шлаки, бывают кислые и основные (модуль). Химический состав зол сильно колеблется в зависимости от вида топлива. В золе может быть:

15..60% - SiO₂; 5..45% - Al₂O₃; 5..40% -Fe₂O₃; 3..50%- CaO.

В угольных золах больше содержится SiO₂; в сланцевых и торфяных возрастает содержание CaO. Угольные и сланцевые золы в большинстве своем являются кислыми, золы горючих сланцев –основными. Активностью золы называют ее способность при смешивании в тонкоизмельченном виде с воздушной известью и затворении с водой твердеть в различных условиях. Активность повышается при наличии в золе кремнеземистого компонента или обожженных глинистых материалов и при повышении ее удельной поверхности. Зола является активным компонентом смешанного вяжущего и бетона, что обуславливает возможность ее эффективного использования для производства известково-зольных вяжущих в качестве активной минераль-

ной добавки в цементы и бетоны, для производства ячеистых бетонов. Химическая активность золы повышается при тепловой обработке бетона. Большой активностью обладают основные золы. Некоторые золы, полученные при сжигании сланцев и отдельных видов торфа и угля, после тонкого помола могут использоваться как низкомарочные вяжущие вещества. Плотность золы составляет $1,75-2,4 \text{ г/см}^3$, однако плотность отдельных фракций может значительно отличаться от средних значений. Насыпная плотность золы колеблется от 600 до 1300 кг/м^3 . Плотность зависит от вида топлива и температуры сжигания, обычно увеличиваясь с повышением последней. Мелкие частицы топлива при пылеугольном сжигании сгорают на лету. При этом на их поверхности образуются плотная оболочка, а внутри они имеют пористую структуру. Пористостью частиц объясняется средняя плотность золы. Размеры частиц золы зависят от сырья, способа сжигания, места отбора пробы и обычно колеблются в пределах от 5...100 мкм. Золы, используемые для изготовления железобетонных изделий, не должны содержать более 5% несгоревшего топлива (золы от сжигания антрацита и каменного угля - более 10%) и 1% серы, а также включений негашеной извести. Зола должна выдерживать стандартные испытания на равномерность изменения объема, при этом образцы-лепешки изготавливают из раствора нормальной густоты, сухая смесь которого состоит из 1 части цемента и 3 частей золы. К зерновому составу золы обычно особых требований не предъявляется, но рекомендуется, чтобы для ячеистых бетонов использовалась зола с удельной поверхностью более $2500 \text{ см}^2/\text{г}$, а для плотных бетонов – не менее $1500 \text{ см}^2/\text{г}$. С увеличением помола золы возрастает не только прочность бетона, но также водопотребность бетонной смеси и усадка бетона, поэтому оптимальный зерновой состав зол, а также содержание обогащающих добавок (активизирующих золу, пластифици-

рующих бетонную смесь) целесообразно устанавливать предварительными опытами для конкретного вида золы и бетона.

В г. Улан-Удэ источниками золошлаковых отходов являются ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Предприятия электроэнергетической отрасли являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в республике. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на предприятиях отрасли снизились по сравнению с 1996 г. на 24,23 тыс. тонн за счет уменьшения количества сжигаемого топлива, повышением эффективности работы золоулавливающих установок. Предприятиями энергетики образовано отходов всех видов 491305,784 тонн из них производственные – 491022,834; непроизводственные (бытовые) – 282,95. Основной вклад в образование отходов вносят золошлаковые отходы – 488306,7 (99,3%) тыс. тонн, из них использовано 18570 (3,7%) остальные размещаются на полигонах предприятий энергетики. В городе самым большим источником образования и размещения отходов является ТЭЦ-1, на которой в 1997 г. образовалось 115292,343 тыс. тонн всех видов отходов, из них золошлаки – 114801 (98,7%). Золошлаки хранятся в двух золоотвалах: промежуточном и основном. Промежуточный эксплуатируется в зимний период и не имеет профильтрационного экрана. На ТЭЦ-2 образовалось всех видов отходов – 26808,182 тыс. тонн, из них золошлаки – 26772 (93,8%), которые переданы на основной золоотвал ТЭЦ-1. Золошлаковые отходы практически не используются как вторичные материальные ресурсы. В настоящее время проводятся подготовительные работы по использованию золошлаков в качестве наполнителя в строительные материалы.

ТЭЦ-1 работает в основном на Гусиноозерском, ТЭЦ-2 на Тугнуйском углях. В 1997 г. были проведены исследования на токсичность золошлаковых отходов. Для

оценки токсичности ЗШО на этих ТЭЦ были отобраны пробы топлива, золы из скрубберов и батарейных циклонов, пробы шлака и золошлаковых смесей с золоотвала. Пробы золы обогащены железом и немного кальцием ЗШО ТЭЦ являются продуктом высокотемпературной термической обработки минеральной части угля, сжигаемого в котлах. В действующих в настоящее время «ИМД» временный классификатор токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов утвержденные Минздравом и ГКАТ СССР 13.05.87 № 4286-87 отходы угольной части ТЭК в токсичных отходах не значатся. Это значит, что как отходы угледобывающих предприятий (порода и вскрыша), так и ЗШО ТЭЦ токсичными не являются.

6.2. Область применения золошлаковых отходов.

Использование золы при производстве цемента:

Золы используют в качестве тонкомолотой добавки для снижения расхода цемента и тепловыделения в изделиях для гидротехнических сооружений, заменяя часть цемента золой, а также в тех случаях, когда по прочности бетона требуется меньший расход цемента, чем минимально допустимый по условию получения плотного бетона. Топливные золы и шлаки как компонент цементной сырьевой смеси: На ряде цементных заводов доменные гранулированные шлаки применяются в качестве сырья. Топливные шлаки также могут быть введены в состав сырьевой цементной шихты либо непосредственно, либо при вдувании размолотого шлака с горячего конца вращающейся печи. Особенность использования топливных гранулированных шлаков состоит, прежде всего, в том, что они не должны размалываться и практически не содержат несгоревших частиц топлива. Наличие частиц угля в золошлаковых отходах, применяемых в качестве сырьевого компонента цементной шихты, является положительным фактором.

В состав портландцементных сырьевых смесей на основе доменного шлака необходимо вводить корректирующие добавки (железо- и кремнеземсодержащую) из-за практически полного отсутствия в доменных шлаках окислов железа и недостатка SiO_2 . Содержание сланцевого шлака в сырьевой смеси может составлять 40-65 % (в зависимости от чистоты карбонатного компонента). Для сравнения количество доменного шлака в составе цементной сырьевой смеси обычно не превышает 35-45%, а глины- 18-22 %.

Расчеты показывают, что при использовании сланцевого шлака может быть получено (по сравнению с сырьевой шихтой на глине): во-первых, снижение расхода известняка на 1 тонну клинкера примерно на 40%, следовательно, снижение удельного расхода тепла на обжиг сырьевой смеси; во-вторых, повышение выхода клинкера из 1 тонны сырья примерно на 15-20%, следовательно, заметное увеличение производительности печи.

Топливные гранулированные шлаки используются, как активная добавка к цементам.

Использование золы при производстве пористых заполнителей.

Золы используют для приготовления искусственных пористых заполнителей; аглопоритового и зольного гравия. Аглопоритовый гравий из зол ТЭС готовят методом спекания сырцовых гранул на решетках агломерационных машин. Пористые зольные заполнители приближаются по своим свойствам к керамзиту, но дешевле его. На пористых зольных заполнителях можно получать эффективные легкие бетоны. Золы можно использовать также для приготовления безобжигового зольного гравия. Сразу после грануляции прочность гравия составляет 0,6-1 МПа. После кратковременной тепловой обработки (2-3ч) гравий приобретает прочность 1-2 МПа и используется для приготовления бето-

на. Дальнейшее твердение гравия происходит непосредственно в массе бетона, что обеспечивает высокую монолитность материала. Безобжиговый зольный гравий имеет плотность 600-900 кг/м³ и прочность 4,5-6 МПа (после нормального твердения в течение 28 суток). Из зольных гранул можно получать бетоны плотностью 900-2000 кг/м³ и с прочностью 5-40 МПа. Для облегчения гравия в него вводят отходы ячеистого бетона и другие пористые материалы. Безобжиговый зольный гравий получают при меньших затратах топлива, чем обжиговые заполнители (25-30 кг, условного топлива и 40-60 Квт*ч электроэнергии на 1 м³ гравия вместо 90-110 кг). Для изготовления безобжигового гравия помимо золы можно использовать различные тонкомолотые отходы промышленного производства. Поскольку для приготовления безобжигового гравия идет вяжущее вещество, его применение должно в каждом конкретном случае обосновываться технико-экономическим расчетом.

Использование золы при производстве ячеистых бетонов:

Ячеистые бетоны, приготовленные с использованием золы до 60-80% золы по массе, как правило, также эффективны, как и ячеистые бетоны на тонкомолотом кремнеземистом заполнителе. Прочность автоклавного золобетона обычно составляет 3-6 МПа при плотности 600 кг/м³; 5-10 МПа при 800 кг/м³ и 12-24 МПа при 1100 кг/м³. В строительстве наибольшее применение находят ячеистые золобетоны с плотностью 600... 1000 кг/м³.

Использование золы при производстве керамического кирпича.

Одним из направлений в работах по повышению качества керамических изделий и улучшению технико-экономических показателей кирпичных заводов является использование корректирующих добавок, позволяющих уменьшить, а в отдельных случаях исключить расход тех-

нологического топлива, вводимого в шихту. Такой добавкой могут служить золы ТЭС. Они действуют одновременно на выгорающие добавки вследствие наличия в них коксового остатка и как отошающие, т.е. понижающие пластичность, воздушную и огневую усадку глин.

Добавкой при производстве керамического кирпича и камней сможет служить зола-унос ТЭС, а также золошлаковая смесь из отвалов. В отдельных случаях для улучшения сушильных свойств керамической (глинозольной) массы в нее вводят небольшое количество мелкодробленого топливного шлака (зерна размером менее 5 мм).

Золошлаковая смесь или зола-унос, которые используют в производстве строительной керамики, должны отвечать следующим требованиям:

- золы должны быть легкоплавкими или средней плавкости (температура размягчения соответственно до 1200 и 1400⁰С). Сюда относятся золы донецких, кузнецких;
- содержание несгоревшего топлива в золе не ограничивается, т.к. при содержании в золе горючей части 10% и более введению в шихту технологического топлива может быть снижено;
- количество топливного шлака с размером зерен более 3 мм должно быть не более 5% объема золошлаковой смеси;
- содержание серы в золе (в пересчете на SO₃) не должно быть более 2%; содержание карбонатных пород с размером зерен более 1 мм не допускается.

Для добавки в шихту стеновой керамики необходимо использовать золы с содержанием CaO+MgO не выше 5% и количеством несгоревшего топлива не менее 25%. Добавляют золу в сырьевую смесь обычно в количестве до 15 %, а на некоторых заводах дозировку золы увеличивают до 50%, что позволяет снизить среднюю плотность кирпича до

1250кг/м³ (у обычного керамического кирпича средняя плотность колеблется в пределах 1600-1900 кг/м³).

Физико-механические свойства кирпича и керамических камней с добавкой золы должны удовлетворять требованиям действующих ГОСТов на соответствующие керамические изделия.

Золу используют или как отошающую, или как топливосодержащую добавку. Если нет топливосодержащей золы предусмотрено введение соответствующим образом подготовленного угля (бурый, каменный, антрацит). Чаще в том и другом варианте в шихту вводят дополнительно один из следующих видов добавок —древесные опилки, шамот, кварцевый песок и др. количество добавок устанавливают опытным путем. При использовании в качестве добавки золошлаковой смеси из отвалов ТЭС ее предварительно сушат, рассеивают и дробят.

В зависимости от пластических свойств к глине добавляют разное количество золы. Для высокопластичной глины – 40-48; среднепластичной – до 30; низкопластичной – 8-20, свыше 20% золы или золошлаковой смеси вводят лишь на отдельных заводах, использующих умереннопластичные высокочувствительные к сушке глины.

К отличительным особенностям технологии керамических изделий с золой ТЭС относятся: более равномерный обжиг за счет равномерно распределенных горючих тонкодисперсных остатков в золе, сгорающих в массе кирпича-сырца; Более высокое качество изделий, в том числе повышенная прочность и меньшая плотность; меньший расход технологического топлива. С технико-экономической точки зрения добавка золы ТЭС приводит к снижению затрат на производство изделий, сокращению расходов на сырье, снижению себестоимости готовой продукции.

Прочность изделий при введении золы ТЭС повышается на 15-60% (соответственно увеличивается марка изде-

лий). Средняя плотность не превышает 1500кг/м³, расход технологического топлива снижается на 20-70%, цикл сушки кирпича-сырца сокращается более чем на 20%.

7.Отходы деревообработки .

7.1.Классификация древесных отходов.

Источниками получения древесных отходов являются деревообрабатывающая и лесохимическая промышленности.

По очередности получения древесные отходы делятся на: 1) отходы при лесопилении; 2) первичная обработка древесины (стружка, рейки); 3) вторичная обработка древесины (стружки, опилки).

При обработке древесины на лесопильных рамах и на станках получается разная форма и гранулометрия этих отходов. Отходы лесопильной рамы имеют кубическую форму, станочные - волокнистую структуру размером 1-2 мм. Мелкие опилки требуют большего расхода связующего, в то же время волокнистая структура дает большую прочность на изгиб и большую сцепляемость.

По целевому назначению древесные отходы делятся на сырье для целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности; в производстве строительных материалов; в качестве топлива (в виде брикетов); в сельском хозяйстве.

К отходам лесохимического комплекса относятся технический гидролизный лигнин (ТГЛ) и технический лигносульфанат (ТЛС).

Технический гидролизный лигнин - это сложная смесь различных органических веществ, состоящий из: лигнина 40-85 %, нерастворимых полисахаров, воска, смолы и остатков серной кислоты. Технический гидролизный лигнин используется, как наполнитель в резиновую смесь для получения линолеума, в композициях на основе связующих

(гипс, цемент, битум с добавлением до 60% ТГЛ), в сельском хозяйстве, при производстве топлива (для брикетирования опилок, угля), а также в композициях с легкими заполнителями (например, лигноперлит), в качестве поверхностно-активного вещества при помолке клинкера.

Технический лигносульфонат: к нему относят ССБ и СДБ. Это высокомолекулярные органические соединения, используемые чаще всего для уменьшения водопотребности в бетонах и для увеличения пластичности в керамических смесях.

7.2. Структура и свойства древесины

По структуре древесина состоит из целлюлозы, лигнина и гемицеллюлозы:

Таблица 2.

Состав	Хвойные породы	Лиственные породы
Целлюлоза	45-56	46-48
Лигнин	26-30	19-28
Гемицеллюлоза:		
Пентозаны	10-12	23-29
Гексозаны	11-13	3-6

Химический состав древесины в %:

С - 49,5

О - 44,1

Н - 6,3

N - 0,1

Остальное - минеральная часть.

В лиственных породах содержание пентозанов в 2-2,5 раза выше, чем в хвойных породах, поэтому в композициях с цементом лучше использовать хвойные породы, так как пентозаны в присутствии воды и щелочей гидролизуются и превращаются в простые сахара, хорошо растворимые

в воде, которые препятствуют хорошему сцеплению частиц цемента с древесными отходами.

Целлюлоза - высокомолекулярное органическое соединение линейной структуры и поэтому в макро- виде представлено волокнами. Она не растворима ни в воде, ни в органических растворителях, но в присутствии воды и минеральных кислот подвергается гидролизу и образуется растворимый сахарат, он и влияет на процесс твердения цемента.

Лигнин- высокомолекулярное соединение с содержанием С до 60%, это продукт поликонденсации трех структурных групп:

Лигнин выполняет роль связующего.

Гемицеллюлоза - высокомолекулярное соединение с меньшей степенью полимеризации.

Влияние различных факторов на свойства древесины. С увеличением температуры до 1500⁰С никаких химических изменений не происходит; при увеличении температуры до 200⁰С целлюлоза разлагается с образованием продуктов, растворимых в щелочах, спиртобензоле, при повышении температуры, выше 250⁰С из древесины выделяются газообразные продукты. Совместное влияние температуры и влажности усиливает скорость химических превращений.

При твердении портландцемента выделяется гидроксид кальция, что приводит к увеличению рН раствора, гемицеллюлоза переходит в сахара в композициях с древесными отходами снижается адгезия. Гипсовые вяжущие при затворении водой образуют чуть кислую (ближе к нейтральной) среду, что улучшает адгезию к древесным отходам, а при твердении магниевых вяжущих образуется нейтральная среда, которая способствует благоприятному сцеплению вяжущих с древесными отходами.

Отрицательное влияние растворимых сахаров можно нейтрализовать применением минерализаторов, таких как

хлористый кальций, жидкое стекло, которые снижают pH среды и выступают одновременно, как ускорители твердения цемента.

7.3. Использование древесных отходов от деревообработки.

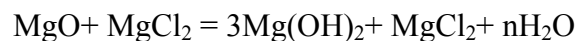
На основе органических связующих с использованием древесных отходов можно изготавливать:

- древесноволокнистые плиты (ДВП)
- древесностружечные плиты
- древесно-слоистые пластики (ДСП)
- древесно-минеральные плиты (ДМП)

На основе минеральных связующих получают следующие материалы:

- фибролит (цементный и магнезиальный)
- ксилолит (цементный и магнезиальный)
- арболит
- экструзионный брус
- цементно-стружечные плиты (ЦСП).

Фибролит был изобретен в Швеции, на основе каустического магнезита или каустического доломита и древесной стружки с использованием магнезиальных солей в качестве затворителя



Получен материал марки 300-400.

При получении цементного фибролита в массу добавляются минерализаторы, такие, как хлористый кальций и жидкое стекло. Они нейтрализуют вредное влияние щелочей при твердении цемента и одновременно являются ускорителями твердения.

Фибролит является теплоизоляционным материалом со средней плотностью равной $\rho_0 = 250-500 \text{ кг/м}^3$; $R_{\text{изг}} = 0,3-1,3 \text{ МПа}$, может использоваться в качестве утеплителя (стен, чердаков, перекрытий).

Арболит - легкий бетон с $\rho_0 = 400-850 \text{ кг/м}^3$; $R_{\text{изг}} = 0,7-1,0 \text{ МПа}$ $R_{\text{сж}} = 0,5-5 \text{ МПа}$. В состав смеси входит портландцемент марки $M=400$, древесная щепа, минерализатор и вода.

Используется для устройства стен в виде панелей и блоков в сельском строительстве.

Ксилолит цементный - материал полученный на основе портландцемента, опилок, минерализатора и воды. Имеет $\rho_0 = 1000-1550 \text{ кг/м}^3$; $R_{\text{изг}}$ до 48 МПа; $R_{\text{сж}} = 20-85 \text{ МПа}$.

Магнезиальный ксилолит получен на основе каустического магнезита или каустического доломита с использованием растворов солей магния и опилок. Основное назначение: их используют для изготовления плиток для пола и для монолитных бесшовных полов в производственных зданиях.

Экструзионный бетон получен на основе магнезиальных вяжущих с использованием древесной шерсти и древесных опилок и растворимых солей.

Состав следующий: $\text{MgO} = 34,2\%$; $\text{MgCl}_2 = 14,6\%$ ($\rho_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$) стружка и шерсть = 51,2%. $\rho_0 = 800-900 \text{ кг/м}^3$; $R_{\text{изг}}$ не менее 1,1 МПа, $R_{\text{сж}}$ не менее 8 МПа.

Полученный брус имеет высокие эстетические свойства, не требует отделочных работ, экологически чист, обладает благоприятными санитарно-гигиеническими свойствами, водостойкость выше, чем у гипсовых материалов ($K_{\text{разм}} = 0,7$)

Древесноволокнистые плиты (ДВП) - получают на основе горячего прессования древесной шерсти и терморезистивных смол, со средней плотностью $\rho_0 = 300-500 \text{ кг/м}^3$; $R_{\text{изг}}$ до 5 МПа. Основное назначение используется в качестве теплоизоляционного, как основа под линолеум, в качестве отделочного при производстве мебели.

Древесно-стружечные плиты - получают путем горячего прессования древесных стружек со связующим. В ка-

честве связующих используются фенолформальдегидная смола, карбамидная смола и др. По конструкции они делятся на одно-, трех- и многослойные; со средней плотностью $\rho_0 = 550-850 \text{ кг/м}^3$; водостойкость зависит от вида связующего и породы древесины. Основное назначение для изготовления мебели, в качестве отделочного материала для перегородок.

Древесно-слоистый пластик (ДСП) изготавливают на основе натурального лущеного шпона, пропитанного смолой при высокой температуре. Этому пластику можно придавать любую форму, которая сохраняется после охлаждения. Применяется для изготовления строительных конструкций в качестве вспомогательных, крепежных и монтажных элементов. Обладает высокой химической стойкостью и высоким сопротивлением к истиранию.

Цементно-стружечные плиты - листовой материал, полученный на основе цемента, стружек и минерализаторов. Отличается высокой прочностью, влагостойкостью, легкостью в обработке, трудносгораем, биостоек, не токсичен. Используются в качестве обшивки ограждающих конструкций (плиты перекрытия, плоского покрытия, стен), взамен традиционным обшивочным листам из асбестоцемента.

Древесно-минеральные плиты - материал, состоящий из древесных стружек, вспученного перлита, карбамидной смолы и отвердителя, с прочностью на изгиб более 3 МПа

8. Гипсовые попутные промышленные отходы и их применение в производстве строительных материалов.

8.1. Классификация гипсовых отходов.

Наиболее простой классификацией гипсовых отходов является классификация по происхождению. Технологиче-

ские процессы, при проведении которых образуются попутные продукты, содержащие сульфаты кальция:

при производстве минеральных кислот – ортофосфорной (фосфогипс и фосфополугидрат), ортоборной (борогипс), плавиковой (фторангидрит и фторгипс), органических кислот – лимонной (цитрогипс), при химической переработке древесины (гидролизный гипс); при производстве комплексных удобрений из минералов и горных пород; при обработке водных растворов некоторых солей: FeSO_4 (кремнегипс), при очистке промышленных газов содержащих SO_2 (сульфогипс); при обработке водных растворов кислот, образующихся при производстве диоксида титана (титаногипс); при производстве солей из озерной рапы, морской океанской воды (рапной гипс).

8.2. Характеристика системы

Исследование системы $\text{CaSO}_4\text{-H}_2\text{O}$ имеет важное научное и практическое значение, так как оно связано с проблемой производства и применения гипсовых вяжущих веществ.

Двуводный сульфат кальция $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в земной коре встречается в виде минерала гипса. Кристаллическая решетка гипса имеет слоистое строение, она содержит чередующиеся пакеты, в свою очередь состоящие из одного слоя молекул воды и одного двойного слоя Ca SO_4 , который образует цепи - $\text{Ca} - \text{SO}_4 - \text{Ca} - \text{SO}_4$ - параллельные оси С кристалла.

В лабораторных и промышленных условиях получают две модификации полуводного сульфата кальция α и β По-Labell

лугидрат α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ образуется при нагревании дигидрата в атмосфере насыщенного водяного пара в автоклавах при температуре выше 97°C и давлении более 0,1 МПа, а также в водных растворах некоторых солей и кислот.

Обезвоживание дигидрата под давлением не выше атмосферного и температуре 120°C и более приводит к выделению воды в парообразном состоянии и образованию β -модификации полугидрата.

По сравнению с α -модификацией полуводного гипса кристаллы β формы характеризуется меньшей степенью совершенства кристаллической решетки, более высокой концентрацией дефектов; а β -полугидрат существует в виде сравнительно крупных совершенных кристаллов.

Изменяя режим термообработки двухводного гипса (толщину слоя материала, режим перемешивания, скорость нагревания, парциальное давление паров воды и др.) можно получить полугидраты, физико-химические свойства которых занимают промежуточное положение между α и β -формами. α и β -модификации определяют пределы изменения технических свойств серии полугидратов, полученных в разных условиях.

Рассмотрим достоверные и воспроизводимые фазы в системе $\text{Ca SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$:

Гипс (двуводный гипс, дигидрат) $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

Полуводный гипс (полугидрат) $\text{Ca SO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$;

Растворимый ангидрит (γ ангидрит, ангидрит111, A111) $\text{Ca SO}_4 \cdot \varepsilon\text{H}_2\text{O}$;

Нерастворимый ангидрит (β ангидрит, ангидрит11, A11) Ca SO_4 ;

Высокотемпературный ангидрит (α -ангидрит, ангидрит1, A1);

Продукты производства ортофосфорной кислоты.

Фосфогипс и фосфополугидрат получают при производстве фосфорной кислоты. Фосфорная кислота является полуфабрикатом, применяющимся для изготовления фосфорных и сложных концентрированных удобрений.

Среди различных гипсовых отходов первое место по объёму производства занимает фосфогипс и фосфополугидрат.

Фосфогипс и фосфополугидрат получают при производстве фосфорной кислоты. Фосфорная кислота (H_3PO_4) является полуфабрикатом, применяющимся для изготовления фосфорных и сложных концентрированных удобрений.

Фосфогипс образуется при переработке апатита и содержит до 75 % CaSO_4 . Растворимые в воде примеси вызывают коррозию оборудования и приводят к образованию высолов на поверхности изделия. Несвязанная фосфорная кислота и фосфаты замедляют схватывание, и твердение $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ является сильным ускорителем и относится к добавкам малорастворимым в воде. Замедлителями также являются соединения редкоземельных элементов стронция и цезия.

Органические примеси при сравнительно низком их содержании могут существенно изменять свойства фосфогипса и фосфополугидрата, например, замедлять схватывание и твердение вяжущих на их основе, отрицательно влияет на прочность искусственного камня.

Свойства фосфогипса и фосфополугидрата определяются не только содержанием примесей, но и их распределением в попутном продукте. Иногда высокодисперсные примеси образуют агрегаты или входят в кристаллическую решетку сульфатов кальция.

Продукт производства ортоборной кислоты (борогипс).

По объёму производства борогипс занимает второе место после фосфогипса. Борогипс получают при производстве ортоборной кислоты H_2BO_3 (борная кислота).

Ортоборную кислоту и борогипс получают разложением природных боратов серной кислотой с последующим разделением жидкой и твердой фазы.

Содержание дигидрата в отвальном борогипсе составляет 77-83 %, таким образом, продукт является сырьём третьего-четвертого сортов, а борогипс полученный разложением сырья с более высоким содержанием B_2O_3 может содержать до 94 % двухводного гипса.

Основными примесями в борогипсе является аморфный кремнезём и борная кислота. Кремнегель понижает качество гипсовых вяжущих веществ вследствие повышенной водопотребности последних.

Борная кислота замедляет гидратацию полуводного гипса, а также приводит к снижению водопотребности. Снижение водопотребности вяжущего приводит к росту прочности искусственного камня при сжатии, но в тоже время снижает прочность при изгибе.

Продукт производства фтористого водорода из плавикового шпата (фторангидрит).

Фторангидрит применяется при изготовлении термостойких пластмасс в качестве растворителя спиртов и эфиров.

Фторангидрит получают из плавикового шпата (флюорита) CaF_2 , его производство основано на реакции плавикового шпата с 98 % серной кислотой.

Перед транспортировкой в шламонакопителе производят реакцию нейтрализации введением извести или известняка, сухим или мокрым способом. В накопителе сульфаты кальция сравнительно медленно переходят в дигидрат, через 3-5 лет хранения попутный продукт содержит до 75 % двухводного гипса.

Продукты производства пищевой лимонной кислоты

При производстве лимонной кислоты $C_6H_8O_7$ образуется цитрат кальция ($Ca_3(C_6H_8O_7)_2$), который разлагают серной кислотой и получают лимонную кислоту, дигидрат и воду.

В зависимости от способа получения цитрогипс можно получить 1-4 сортов.

При производстве на 1 т кристаллической кислоты приходится 1,3 т сухого цитрогипса. Попутный продукт содержит также лимонную кислоту, берлинскую лазурь, активированный уголь и др. примеси, которые влияют на форму кристаллов гипса и технические свойства вяжущих из цитрогипса.

Продукт промышленности (гидролизный гипс).

При гидролизе растительной ткани, разбавленной серной кислотой, получают спирт, скипидар, фурфурол, кормовые дрожжи, жидкую уголекислоту и другие технические продукты. Для нейтрализации серной кислоты добавляют известковое молоко, что приводит к образованию осадка, состоящего преимущественно из полуводного гипса. При температуре $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ полугидрат переходит в стабильный дигидрат.

Гидролизный гипс содержит минеральные и органические твердые вещества – двухводный гипс, лигнин, ксилан, декстрин и др. органические коллоидные вещества адсорбированные на поверхности кристаллов дигидрата, влияют на технические свойства гипсовых вяжущих, замедляют гидратацию полуводного гипса и снижают прочность искусственного камня.

Продукты производства комплексных удобрений из минералов и горных пород группы сложных сульфатов.

При производстве калийных удобрений сульфатов калия и натрия, поваренной соли и бишофита получают попутный продукт содержащий дигидрат сульфата кальция. Состав и свойства попутного продукта зависят от химического и фазового состава руды, параметров технологического процесса и изменяются в широких пределах.

Содержание примесей составляет 10-20 % от массы сухого попутного продукта. В состав шлама входит полу-

гидрат, однако, вяжущим свойством он не обладает, что обусловлено отрицательным влиянием примесей.

Однако если прогидратировать полуводный гипс, а растворимые в воде примеси удалить путем промывки шлама можно получить дигидрат –являющийся гипсовым сырьем первого сорта.

Продукт производства электротехнической стали (кремнегипс).

При обработке растворов после травления электротехнической стали получать шлам, в состав которого входит 35-40 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 6-7 % SiO_2 и до 50 % жидкой фазы содержащей FeSO_4 . После обработки шлама известковым молоком содержание дигидрата повышается до 68 –70 %. Кремнегипс - гипсовое сырьё низкого качества, так как попутный продукт содержит большое количество примесей.

Продукт очистки отходящих газов.

Газы, образующиеся при сжигании твердого топлива, содержат сернистый ангидрит SO_2 . Выброс промышленных газов в атмосферу приводит к загрязнению воздушного бассейна. В связи с повышением требований к составу отходящих газов осуществляют их очистку двумя способами: мокрым –аммиачным и известью.

При мокром способе очистки образуется сульфат аммония, который можно применять для производства аммиака и сульфата кальция, путем конверсии сульфата аммония известью или хлоридом кальция. Образующийся при этом аммиак возвращается на очистку отходящих газов, а продукт, содержащий CaSO_4 можно использовать как гипсовое сырьё.

Очистка отходящих газов известью приводит к образованию сульфата кальция, который окисляют кислородом в реакторах, и получают продукт, состоящий преимущественно из кристаллов гипса.

Продукт очистки промышленных сточных вод, содержащих серную кислоту (титаногипс).

Механический диоксид титана используется как сырьё при производстве металлического титана для изготовления титановых белил, наполнителя резины, пластмасс и др.

Диоксид титана получают разложением титановых руд, например ильменита, серной кислотой. При разложении ильменита на 1т. TiO_2 приходится от 7 до 8 т. жидкой фазы содержащей серную кислоту. Очистка жидкой фазы путем нейтрализации серной кислоты известковым молоком приводит к образованию шлама, состоящего из кристаллов гипса, малорастворимых в воде, примесей и жидкой фазы. Титаногипс может содержать 88 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 5-6 % CaCO_3 , 1-2 % Al_2O_3 и др.

Продукт переработки озёрной рапы и морской воды (рапной гипс)

При производстве оксида магния из озёрной рапы получают попутный продукт, состоящий из кристаллов двухводного гипса.

Содержание примесей в рапном гипсе не превышает 7% и по фазовому и химическому составам он является гипсовым сырьём первого-второго сортов.

Использование попутных продуктов промышленности, содержащих сульфаты кальция, в производстве портландцемента.

Попутные продукты, содержащие сульфаты кальция, можно использовать как добавку–регулятор процессов схватывания при производстве портландцемента. При этом, в сравнении с производством гипсовых вяжущих веществ затраты на подготовку попутного продукта могут быть невысокими. В соответствии с требованиями цементной промышленности попутный продукт гранулируется, регламентируется влажность, зерновой состав гранул. По возможному объёму переработки попутных продуктов их использование в качестве добавки к клинкеру портландцемента занимает второе место после производства гипсовых вяжущих веществ.

Для этих целей возможно использовать фосфогипс, борогипс, гидролизный гипс фтор- гипс, титаногипс, цитрогипс и др. Фосфогипс содержит примеси (фториды, фосфаты), которые могут отрицательно влиять на гидратацию клинкерных минералов портландцемента и прочность искусственного камня, поэтому фосфогипс, содержащий повышенное количество примесей иногда обогащают.

При производстве портландцемента некоторые попутные продукты, содержащие сульфаты кальция, можно использовать в качестве компонентов сырьевой смеси.

При введении 3% фосфогипса ускоряется обжиг сырья, повышается производительность печей, снижается на 1-3 % удельный расход топлива, одновременно повышается активность портландцемента и ускоряется его твердение в ранний период.

Производство гипсовых вяжущих веществ из попутных продуктов промышленности.

Строительный гипс (β-полугидрат).

Кроме сульфатов кальция, попутные продукты содержат примеси, которые могут отрицательно влиять на свойства вяжущих веществ, в том числе строительного гипса.

Поэтому технологические процессы включают два основных этапа: подготовку попутного продукта к обжигу и обжиг.

Первый этап включает операции подготовки попутного продукта, снижения содержания примесей путем промывки, проведения реакции нейтрализации, обогащения и др. Второй этап включает обжиг при $t=150-170^{\circ}\text{C}$.

Высокопрочный гипс (α-полугидрат).

Применение непрерывной автоклавной обработки при производстве высокопрочного гипса из попутных продуктов промышленности особенно целесообразно. Обработка проводится в жидких средах, поэтому отпадает необходимость сушки попутного продукта перед автоклавированием.

Фазовый переход в автоклаве используется для очистки вяжущего и снижения примесей, входивших в кристаллическую решетку дигидрата. Жидкая фаза содержащая, например фосфорную кислоту и фосфаты, возвращается в процесс и используется при разложении фосфатного сырья, что увеличивает выход фосфорной кислоты. Если после автоклавной обработки вяжущее используется сразу для формирования изделий, то его нужно сушить и смешивать с водой, положительной особенностью технологии является сравнительно низкий удельный расход топлива и энергии. Автоклавная технология позволяет получать вяжущее более высокого качества, чем при дегидратации сухого сырья в открытых аппаратах. При автоклавной обработке можно изменять, регулировать форму кристаллов полугидрата пу-

тем введения добавок - модификаторов и варьирования режима дегидратации.

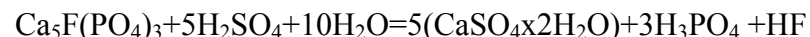
При использовании технологии непрерывной автоклавной обработки фосфогипса получается высокопрочный гипс марок 300 и 400 из фосфогипса и марки 300 из цитрогипса.

Высокообжиговые гипсовые вяжущие.

Для производства высокообжиговых гипсовых ангидридных цементов и высокообжигового гипса целесообразно использовать попутные продукты, практически не пригодные для изготовления строительного и высокопрочного гипсов и состоящие в основном из нерастворимого ангидрита (фторангидрит). Вяжущее вещество можно получить помолом сухого фторангидрита с активаторами твердения, при этом обжиг попутного продукта не производится.

Для изготовления высокообжиговых вяжущих можно также использовать попутные продукты, содержащие высокодисперсные органические примеси: гидролизный гипс, цитрогипс и др. Обжиг при температуре 400°C приводит к выгоранию органических примесей.

Из всех существующих гипсовых отходов наибольшее применение получили фосфогипсовые отходы, которые образуются при переработке апатитовых и фосфоритовых руд на 1 т P_2O_5 при переработке апатитовых руд выбрасывается 4,25 т. фосфогипса, а при переработке фосфоритовых руд 5,66 т. фосфогипса.



8.3. Применение фосфогипсовых отходов.

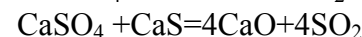
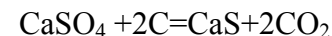
Фосфогипс используется при производстве строительного гипса дегидратацией высокопрочного гипса путем автоклавной обработки с одновременной нейтрализацией из-

вестью, а также при производстве высокообжиговых гипсовых вяжущих, таких как ангидритовый цемент, эстрих-гипс.

В цементной промышленности фосфогипс применяют, как минерализатор при обжиге клинкера, или как добавку для регулирования схватывания цемента вместо природного гипса. Добавка 3-4% фосфогипса в шлам увеличивает коэффициент насыщения клинкера с 0,89-0,9 до 0,94-0,96 без снижения производительности печей и способствует получению легкоразмалываемого клинкера.

Установлена пригодность фосфогипса для замены гипса при помоле цементного клинкера.

Фосфогипс может служить основным сырьевым компонентом в производстве цемента, что обеспечивает эффективный процесс одновременного получения цементного клинкера и серной кислоты, сущность которого заключается в термохимическом разложении сульфата кальция в восстановительной среде:



Сернистый газ улавливается и переводится в серную кислоту. Оксид кальция вступает во взаимодействие с SiO_2 ,

Al_2O_3 и Fe_2O_3 , образуют клинкерные минералы.

Структура получаемого клинкера отличается большей пористостью, благодаря чему он размалывается легче, чем обычный. Из фосфогипса можно получить цементы средних марок.

Добавка до 5% фосфогипса в шихту при производстве кирпича интенсифицирует процесс сушки и способствует повышению качества изделий.

Фосфогипс эффективно заменяет мел в шпаклевочных и других составах.

На основе гипсовых вяжущих с использованием фосфогипсовых отходов изготавливают стеновые материалы: стеновые блоки марок 25-75, средней плотностью 1200-1500

кг/м³, панели гипсобетонные для перегородок, плиты гипсовые для перегородок, отделочные материалы для стен, плиты гипсокартонные с плотностью 800 кг/м³ (между картоном вспененный гипсовый слой), сухая гипсовая штукатурка, плиты декоративные гипсовые панели облицовочные на основе гипсокартона с облегченным декоративным слоем, сухие штукатурные смеси, высокопрочная облицовочная прессованная плитка, отделочные материалы, панели из гипсоцементно-пуццолановых вяжущих, как основание пола, декоративные материалы, такие как искусственный мрамор, акустические материалы на основе пеногипса путем введения химических добавок, гидрофобных солей жирных кислот фтористых соединений кремния, углекислых и двууглекислых солей.

В рижском политехническом институте разработан газогипс с ускоренной кинетикой твердения, получаемой в результате вспучивания гипсового вяжущего углекислым газом который образуется при взаимодействии щавелевой кислоты с доломитом, содержащимся в вяжущем, газогипс предназначен для возведения монолитных внутренних и наружных стен жилых домов, процесс изготовления состоит из последовательного смешивания в бетономешалке пластификатора и щавелевой кислоты с водой в течение 30-60 мин., а затем с гипсовым вяжущим в течение 15-20 секунд, затем масса выливается в форму размерами 80*600*8000мм.

Другим способом повышения тепло и звукоизоляционных свойств изделий является введение в гипсовое тесто пористых заполнителей, таких как гранулы пенополистирола.

Во ВНИИСТРОМе разработан супергипс - высокопрочное гипсовое вяжущее марки 600 и более, который изготавливается по специальной технологии путем тепловой обработки сырья модификаторами в среде насыщенного пара под давлением. Нормальная водопотребность супергипса

26-34%, сроки схватывания 5-8 мин, прочность на сжатие в сухом состоянии 60-70 МПа. Супергипс используется для изготовления различных видов облицовочных плит и других тонкостенных строительных изделий.

ЛитНИИСиА Госстроя Литвы разработал акустические плиты, изготавливаемые из фосфогипса и предназначенные для устройства подвесных потолков размером 600х600х40 мм массой 7 кг и плиты, изготовленные на основе фосфогипса и предназначенные для устройства перегородок плотностью 900-1200 кг/м³ прочностью на сжатие 5-7 МПа.

МособлЦНИЛ Главмособлстроя предложил декоративно – акустический материал на основе фосфогипсового вяжущего и отходов производства картона. Материал предназначен для устройства потолков в общественных и жилых зданиях при влажности не более 70%.

В Польше для кладки наружных и внутренних стен жилых односемейных домов применяют пустотелые гипсовые элементы. Их изготавливают из гипса марок Г-3 и Г-4 без применения замедлителя схватывания в отдельных стальных формах поштучно. Для кладки стен из пустотелых гипсовых элементов применяют гипсовые растворы состава 1:3 (гипс: песок) или гипсоизвестковые растворы состава 1:2:0.5.

Наружные стены из таких камней выполняются многослойными. Они состоят из несущего слоя гипсовых камней, теплоизоляционного слоя из минеральной ваты или пенополистирола и облицовочного слоя из керамической плитки, штукатурного раствора или других отделочных материалов.

Размеры камней: длина 240-365мм., ширина 115-300мм., высота 71-238мм. Гипсовые камни имеют повышенную плотность 1600-1800 кг/м³, предел огнестойкости составляет 180 мин, что выше, чем в бетонах. Прочность на

сжатие гипсовых камней увеличивается с ростом их плотности: при 1600, 1700 и 1800 кг/м³ составляет 17,5; 21 и 25 МПа соответственно.

Широкое применение гипсовых стеновых материалов сдерживается их повышенной хрупкостью и низкими прочностными показателями при изгибе снижающими механическую обрабатываемость, транспортабельность, виброустойчивость изделий.

Одним из путей улучшения прочностных и эксплуатационных показателей гипсовых материалов является их дисперсное армирование волокнистыми компонентами, повышение их водостойкости. Например, при добавлении 1% по массе стекловолокна прочность на изгиб стеновых панелей из пористого гипса возрастает на 90%.

Специалистами Франции разработаны гипсопесчаные стеновые камни, предназначенные для возведения наружных стен зданий. Сухой полуводный гипс смешивается с мелкопористым песком. Ввиду очень быстрого схватывания гипса гипсопесчаную смесь затворяют водой, непосредственно перед укладкой её в недеформирующиеся формы смесь уплотняют, при этом прочность камня на сжатие составляет 20 МПа. Камни можно использовать непосредственно после извлечения их из форм.

ЛатНИИ строительства разработал технологию изготовления гипсоопилкобетонных камней, предназначенных для возведения наружных и внутренних несущих стен зданий высотой не более двух этажей с сухим и нормальным режимом эксплуатации. Поверхность стен не требует оштукатуривания, точные размеры камней позволяют вести кладку стен на клеевых гипсовых составах. Прочность гипсоопилкобетона при влажности 10% составляет 3,5 МПа, средняя плотность в сухом состоянии 1100 кг/м³, морозостойкость 25 циклов.

Гипсовые материалы создают наиболее благоприятный микроклимат для организма человека. Паропроницаемость и водородный показатель строительного гипса приближают к аналогичным показателям кожного покрова человека. Кроме того, гипс не содержит оксидов металлов, например Cr₂O₃, играющих роль аллергена и способных образовывать и выделять токсичные вещества. Особенность поровой структуры гипсового камня способствует его ускоренному высыханию, что позволяет сократить время стабилизации температурно-влажностного режима во вновь построенных зданиях. Равновесная влажность гипсовых штукатурных растворов при t=20 С⁰ и относительной влажности воздуха 50% составляет 4-10%, тогда как для цементных штукатурных растворов - 15%.

9. Комплексное использование нефелинового шлама.

Проблема использования шлама возникла в связи с переработкой на глинозем нефелинового концентрата, получаемого из апатитовых «хвостов» Кольского полуострова. При этом образуется огромное количество отходов, прошедших соответствующую термическую и химическую обработку. Так, на каждую тонну глинозема приходится около 7 т шлама. Отходы ежегодно в больших количествах поступали в отвалы.

Начиная с 1931 г В.А. Киндом и П.И.Боженковым началось изучение свойств нефелинового шлама, и возможностей использования его для производства вяжущих веществ. Авторами установлено, что нефелиновый шлам по химическому составу близок к портландцементу (СаО-52-55%; SiO₂-24-30%) и состоит в основном из двухкальциевого силиката (75-85% **В С₂С**). В больших количествах в нем присутствуют ферриты кальция, алюмосиликаты натрия и кальция, углекислый кальций, водные окислы железа и другие компоненты. Это позволило предположить, что нефели-

новый шлам может быть использован в качестве сырья для портландцемента.

П. И. Боженков принимал участие в одной из первых работ по комплексному использованию нефелинов. В его трудах впервые были выдвинуты требования об изменении основного технологического процесса для получения вяжущего нужного свойства. Развитие этих исследований привело к тому, что сейчас крупные заводы страны ведут комплексную переработку нефелина на окись алюминия, соду и цемент.

Гипроцемент считает возможным использование нефелинового шлама в качестве основного компонента сырьевой смеси для получения портландцемента.

9.1. Нефелиновый шлам-сырье для производства портландцемента.

С 1953 г. на Волховском алюминиевом заводе в качестве сырьевого компонента для портландцемента стали применять нефелиновый шлам.

Расход сырьевых материалов на 1 т. составил:

Известняк	533(38%)
Нефелиновый шлам	675(48%)
Бокситы	62(4,5%)
Гипс	65(4,75%)
Пиритные огарки	65(4,75%)

Наличие нефелинового шлама в сырьевой смеси обуславливает пониженный расход известняка в шихте и повышенный выход клинкера (около 800 кг из 1 т. сырьевой смеси). При использовании смеси, состоящей из известняка и глины, обеспечивается выход клинкера в объеме 670 кг/т. Естественно, что это определяет и меньшие затраты тепла на обжиг клинкера, в частности, на карбонизацию известняка.

Опыт работы завода подтвердил, что нефелиновый шлам является наиболее эффективным сырьевым компо-

нентом для производства цемента. Расход энергии на помол сырьевой смеси, и расход топлива уменьшился на 20-25%, производительность печей выросла на 25-30%, значительно снизилась себестоимость цемента.

Нефелиновый шлам является важным сырьевым компонентом, обеспечивающим получение цемента марок 400-500 и выше. Эффективность его применения объясняется большой подготовленностью к процессу клинкерообразования за счет предшествующей термической обработки и измельчения при выщелачивании спека.

Высокие показатели, достигнутые при использовании шлама для получения портландцемента, послужили основанием для дальнейшего развития цементного производства на базе отходов глиноземной промышленности (в частности строительство Пикалевского завода)

По химическому составу нефелиновый шлам занимает промежуточное положение между цементным клинкером и доменными шлаками, поэтому, естественно, он так же, как и шлаки, может быть использован в качестве цементного сырья и должен обладать вяжущими свойствами.

Последующие опыты, в том числе полузаводские, проведенные в Гипроцементе, подтвердили, что нефелиновый шлам может быть использован в качестве сырьевого компонента для производства портландцемента высоких марок. Для более полной характеристики нефелинового шлама как сырья для цемента ниже приведены результаты расчетов цементной сырьевой смеси. В качестве сырья приняты нефелиновый шлам и пикалевский известняк.

Таблица 3.

Окислы	Химический состав нефелинового шлама, %
SiO ₂	26-30
Al ₂ O ₃	2,2-6,2
Fe ₂ O ₃	2,1-5,5

CaO	52-59
MgO	0,2-1,8
R ₂ O	1,0-2,5
П.п.п	1,0-5,5

Расчеты по методу Кинда при $KH=0,86$ показал, что на одну весовую часть нефелинового шлама следует взять 0,38 весовых частей известняка. Такому соотношению будет соответствовать сырьевая смесь и клинкер следующего состава.

Таблица 4.

Окислы	Химический состав в %		Характеристика клинкера
	Сырьевая смесь	Клинкер	
SiO ₂	20,83	24,73	$KH=0,86$
Al ₂ O ₃	2,26	2,65	Силикатный модуль-
Fe ₂ O ₃	3,22	3,82	3,82
CaO	54,92	65,19	Глиноземистый модуль-
MgO	1,34	1,59	0,69
Na ₂ O	1,59	1,69	Выход клинкера-
TiO ₂	0,11	0,13	85,24%
П.п.п.	15,84	-	

Гипроцемент в качестве корректирующей добавки предложил тихвинский боксит, что дает смесь следующего состава: 62% нефелинового шлама + 35% тихвинских известняков + 3% боксита.

Рояк, Кройчук, Кузнецова показали, что применение минерализаторов (CaF₂) позволяет получить цемент высокого качества на основе двухкомпонентной смеси - нефелиновый шлам + известняк.

Для обычного сырья выход клинкера равен 60-65%; при использовании же нефелинового шлама достигает 80-85%. Это обуславливает значительное (на 20-25%) увеличение производительности всех агрегатов. В сырьевой смеси, приготовленной из нефелинового шлама, большая часть извести уже связана кремнеземом и железом в β -2CaO*SiO₂ и 2 CaO*Fe₂O₃, тогда как в обычной смеси известь находится в виде CaCO₃, на диссоциацию которого требуется 425 ккал/кг. Сравнение тепловых балансов показало, что при нефелиновой смеси расходуется топлива на 25-30% меньше, чем при обычном сырье. Следует отметить, что снижение расходов топлива в свою очередь вызывает уменьшение мощности угольного отделения.

Основные технико-экономические показатели цементных заводов, работающих на различном сырье, показывают, что нефелиновый шлам является наиболее эффективным цементным сырьем, обеспечивающим высокое качество цемента при самой низкой себестоимости по сравнению с другими видами сырья.

9.2. Получение вяжущих веществ на основе нефелинового шлама.

Работы В. А. Кинда и П. И. Божова показали, что использование нефелинового шлама в качестве сырья для получения самостоятельного вяжущего, является экономически правильным решением. Технология приготовления не-

фелинового цемента состоит только из двух операций - сушки шлама и совместного помола его с добавками - активизаторами: портландцементом, известью и гипсом (последний добавляется для регулировки сроков схватывания), благодаря чему себестоимость нефелинового цемента почти в 2 раза ниже себестоимости портландцемента.

В качестве оптимального состава нефелинового цемента может быть принят: 80-85% шлама, 15-20% извести или клинкера портландцемента и 4-7% гипса. Растворы и бетоны на нефелиновых цементах указанных составов в возрасте 28 дней нормального твердения достигают прочности при сжатии от 100 до 500 кг/см². С увеличением добавки клинкера к нефелиновому шламу прочность растворов и бетонов возрастает до 400-450 кг/см².

Нефелиновым цементам присущи некоторые особенности, которые отличают их от пуццолановых вяжущих:

- 1) высокая воздухо- и морозоустойчивость
- 2) хорошая пластичность
- 3) короткие сроки схватывания

Это позволяет использовать нефелиновые цементы для кладочных и штукатурных растворов. По тепловыделению нефелиновый цемент практически не отличается от других белитовых цементов и может быть применен для приготовления гидротехнического бетона.

Многолетние результаты исследований показали, что нефелиновый цемент может быть применен:

- как гидравлическое вяжущие наравне с портландцементом;
- в гидротехническом строительстве;
- для жаростойких бетонов;
- для закрепления грунтов и тампонирувания скважин;
- при производстве литейных форм;
- для замены извести при производстве силикатного кирпича;

- для кладочных и штукатурных растворов;
- для производства гипсовых смешанных вяжущих;
- для изготовления железобетонных тубингов метрополитена.

Растворы и бетоны на нефелиновых цементах имеют большую прочность, высокую морозостойкость, повышенную устойчивость в агрессивных средах и другие высокие строительные свойства. Это подтверждается данными А. Я. Стахеева и В. И. Кавалеровой, которые исследовали влияние агрессивных сред на прочностные характеристики нефелинового цемента, и установили, что образцы, находившиеся в агрессивных средах в течение 27 месяцев, непрерывно увеличивали прочность, в то время как портландцементные образцы разрушались или снижали прочность.

В.И. Кавалерова определяла также морозостойкость бетонов нормального твердения состава 1:2,3:4,2 с водоцементным отношением 0,45-0,55 на основе нефелиновых вяжущих с различным содержанием шлама и портландцемента. Расход вяжущего составлял 300 кг/м³. Результаты испытания образцов на сжатие в различном возрасте позволили установить, что морозостойкость бетонов на нефелиновом шламе с добавкой портландцемента оказывается вполне удовлетворительной (морозостойкость свыше 100 циклов).

Сотрудниками кафедры строительных материалов ЛИСИ была установлена эффективность автоклавной обработки при давлении пара до 25 атм. На основании проведенных работ было предложено также использовать вяжущие состава : 80% шлама + 20% песка, которое обеспечивает изделиям автоклавного твердения высокие прочностные показатели.

Прочность пластического бетона, запаренного при 9-11 атм. в течение 11-13 ч., составляла 420-500 кгс/см², жесткого-500 кгс/см², а при повышении давления до 13 атм. - 600 кгс/см².

Таким образом, было показано, что плотные автоклавные бетоны на нефелиновом цементе имеют прочность большую, чем бетоны на портландцементе. Важным является то, что нефелиновые цементы, приготовленные на шлаках различных заводов, имеют идентичные свойства.

9.3. Изготовление керамзитобетона.

Для опробования цемента в производстве керамзитобетона ДСК-2 получил около 4 тыс. тонн цемента марок 400 и 300 с содержанием 30-40% шлама. Цикл термовлажностной обработки был принят равным 11-13 ч при 80°C и расходе цемента 210 кг/м³. Поступивший на комбинат цемент с содержанием 30-40% шлама был использован для изготовления панелей без изменения технологического процесса. По времени и качеству перемешивания, подвижности, расслаиваемости бетонная смесь существенно не отличалась от смеси на портландцементе. Прочностные характеристики панелей также не уступали характеристикам панелей, выпускаемых на портландцементе.

Средняя плотность керамзитобетона составил 1035-1080 кг/м³, влажность 9-11%, подвижность бетонной смеси 0,6-0,7 см. Водоцементное отношение для керамзитобетонной смеси при переходе на нефелиновый цемент при одинаковом расходе цемента снизилось с 0,66 до 0,64-0,62. Отпускная прочность при расходе цемента 210 кг/м³ для панелей марки 50 составила 80%. Прочностные характеристики керамзитобетона на нефелиновом цементе приведены в таблице.

Таблица 5.

Условное содержание шлама в цементе, %	Расход клинкера, кг/м ³	Прочность на сжатие, кгс/см ²	
		После пропарива-	После выдержки в

		ния	28 дней
30	147,0	42-63	70-80
40	136,0	45-62	70-72
45	125,5	43-45	63-74
50	105,0	37-46	50-73
Пикалевский портландцемент	178,5	55-65	70-80

Опробование нефелиновых цемента для производства керамзитобетонных панелей на ДСК-2 позволяет считать возможным его применение наравне с другими видами цемента.

Анализ исследований показывает, что на нефелиновом цементе при расходе цемента 200-230 кг/м³ можно получить конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон марки 50 крупнопористой структуры со средней плотностью 1000-1200 кг/м³.

9.4. Изготовление газобетона.

Процессы вспучивания и нарастания вязкости газомассы на нефелиновом цементе хорошо согласуются во времени, что предопределяет получение качественной структуры газобетона. Специфической особенностью нефелиновых цемента является более быстрое нарастание вязкости смеси, что связано с более короткими сроками схватывания цемента. Это положительное свойство обуславливает уменьшение расслоения и осадки газомассы по высоте заливки. Повышенная вязкость смеси позволяет также применить немолотые пески с крупностью зерен 0,15-0,6 мм.

Для определения рациональных режимов автоклавной обработки и давления пара исследовались образцы оптимального состава с заполнителями: а) песок Неболчинского карьера; б) отходы объединения «Фосфорит».

Пропарка производилась в автоклаве при давлении до 25 атм. Скорость подъема температуры составляла 70,80,90,140,160 и 180 °C/ч, спуска -36 и 90 °C/ч.

При давлении пара в автоклаве 10 атм. максимальная прочность газобетона со средней плотностью от 500 до 1000 кг/м³ получена при запаривании по режиму 2+8+5=15ч. Газобетон, подвергнутый гидротермальной обработке при 17 атм., имеет более высокую прочность при запарке по режиму 2+4+5=11 ч. Автоклавная обработка при 25 атм. обеспечила получение более высоких показателей при запаривании по режиму 2+0+5=7 ч. т.е. по режиму, в котором отсутствует выдержка образцов при максимальном давлении.

Следовательно, повышение давления с 10 до 25 атм. позволяет сократить режим гидротермальной обработки почти в 2 раза и обеспечивает при этом более высокую прочность: для средней плотности 500,700,1000 кг/м³ была достигнута соответственно прочность на сжатие образцов 32-44,60-74,104-128 кгс/см².

Прочность газобетона на нефелиновом цементе и отходах объединения «Фосфорит» практически не уступает по своим показателям газобетону на портландцементе при всех значениях средней плотности и режимов автоклавной обработки. Физико-механические характеристики газобетона на нефелиновых цементах различного состава приведены в таблице.

Таблица 6.

Содержание нефелиново-го шлама в цементе, %	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, кгс/см ²	Влажность, %	Усадка, мм/пог.м
30	690	53	26	0,41
40	752	53	23	0,40
50	558	52	25	0,61
60	720	49	25	1,10

По основным физико-механическим характеристикам газобетон на нефелиновом цементе не уступает газобетону на портландцементе марки 400.

9.5. Приготовление строительных растворов.

Подбор состава растворов на цементе с содержанием 30-50% нефелинового шлама производится в соответствии с «Указаниями по приготовлению и применению строительных растворов». Подвижность растворов составляла 7-8 см. Нормы расхода цемента марки 300 для строительных растворов составляют: марки 50-210 кг/м³; 75-285-300 кг/м³; 100-355-370 кг/м³. Приготовление товарного раствора производилось с использованием в качестве пластификатора под мыльного щелока. Песок для изготовления раствора имел модуль крупности Мкр.=1,3-2,1.

Нефелиновые цементы в возрасте 7 и 28 дней нормального твердения обеспечивают заданную строительным раствором марку.

Таблица 7.

Марка раствора	100		75		50	
Возраст	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней	7 дней	28 дней
Прочность на сжатие, кгс/см ²	35-80	8-140	30-60	50-100	-----	40-80

Цемент с содержанием нефелинового шлама 30-50% марок 300 и 400 может применяться для приготовления строительных растворов марок 50,75,100. Введение пластификаторов улучшает качество строительных растворов. Прочность растворного шва в кирпичной кладке на нефелиновом цементе и других видах цемента одинакова.

Изготовление бетонных и железобетонных изделий.

Прочностные характеристики бетона на нефелиновом цементе указаны в таблице 8.

Таблица 8.

Марка нефелинового цемента	Отпускная прочность 70%		Отпускная прочность 85-100%	
	Расход Цемента кг/м ³	Прочность после 14 ч пропарки, кгс/см ²	Расход цемента кг/м ³	Прочность после 14 ч пропарки, кгс/см ²
М 300	Бетон М100			
	225		78-110	-----
	Бетон М150			
	-----		-----	270 151-154
М 400	Бетон М200			
	-----ос		-----	339 117-188
	Бетон М300			
	-----		-----	510 250-270

Данные свидетельствуют о возможности изготовления бетонных изделий из нефелинового цемента марки 400 при пропаривании в течение 14 ч.

Прочностные показатели, определенные при изготовлении частей колодцев из бетона марки 200 на основе нефелинового цемента марки 400 свидетельствуют о возможности изготовления бетонных изделий из нефелинового цемента. Изделия пропаривались по режимам 3+2+3+2 ч и 3+2+4+2 ч. Бетонная смесь имела состав: цемент - 435 кг/м³; водоцементное отношение - 0,39-0,42; песчано-гравийная смесь - 1156 кг/м³; щебень - 737 кг/м³. Высокий расход цемента был вызван необходимостью получить 100%-ную прочность на сжатие сразу же после пропаривания изделий.

В результате проведенных испытаний была установлена возможность получения бетона марки 300 при содержании шлама в цементе 30% (марки цемента 400-500) и бетона марок 200 и 300 при содержании шлама 40-60 % (марки цемента 300 и 400).

10. Отходы строительного комплекса.

10.1. Применение стекольных и керамических отходов.

Основным направлением утилизации стекольного боя является возврат его в процесс производства стекла.

До поступления в стекловаренные печи стеклобой освобождается от металлических включений, обрабатывается в моечном барабане и сортируется. Себестоимость стекло-массы из стеклобоя в 6 раз ниже, чем из кварцевого песка.

Стеклобой может применяться с целью экономии дефицитных сырьевых материалов шихты в производстве штапельного тепло- и звукоизоляционного стекловолокна. Использование 1 тыс. тонн стеклобоя в производстве стеклоизделий высвобождает 1,25тыс. тонн кондиционного сырья. Из отходов листового оконного стекла получают стеклянную эмалированную плитку. При этом стекло режут на плитки размером 150х150 мм или 150х75 мм, покрывают эмалью и направляют в печь. Эмаль изготавливают из титановых руд с добавкой керамических красок при температуре 750-800С⁰, эмаль расплавляется, и спекается с поверхностью стекла.

Из порошка стекольного боя с газообразователями спеканием при 800-900С⁰ получают один из наиболее эффективных теплоизоляционных материалов –пеностекло. Плиты и блоки из пеностекла имеют среднюю плотность 100-300кг/м³, теплопроводность – 0,09-0,1вт/м*гр и предел прочности при сжатии 0,5-3МПа. При одинаковой средней плотности пеностекло почти в 3 раза прочнее ячеистого бе-

тона. Оно хорошо пилится, сверлится, шлифуется и обладает высокой водо- и морозостойкостью. У пеностекла обычного состава температуростойкость составляет 300-400, а у бесщелочного 800-1000⁰С этот материал можно применять как теплоизоляционный для тепловых сетей, в конструкциях холодильников, судах –рефрижераторах, химических фильтрах.

На основе боя тарного и строительного стекла разработан новый вид пористого заполнителя - гранулированное пеностекло. Расход условного топлива на производство этого материала почти в 2 раза меньше, чем на производство керамзита. Технологический процесс производства гранулированного пеностекла заключается в следующем: стеклобой промывают, удаляют из него металлические включения, дробят до частиц, не превышающих 25 мм, а затем направляют на совместный помол и перемешивание с газообразователем и карбоксиметилцеллюлозой.

Помол производится до удельной поверхности 5000см²/г, затем тонкомолотую сырьевую смесь увлажняют в двухвальной лопастном смесителе до влажности 10-12% и гранулируют на тарельчатом грануляторе, куда дополнительно подают воду. Конечная влажность гранулируемой смеси 23-25%, после грануляции окатыши поступают на вибросито, где происходит отделение гранул размером более 15 и менее 5 мм, нестандартные гранулы по конвейеру возвращаются в двухвальную лопастную мешалку. Сырые сырцовые гранулы размером 5-15 мм ленточным питателем подаются в короткий вращающийся барабан для опудривания огнеупорным порошком. Опудренные сырые сырцовые гранулы поступают на конвейерную ленточную сушилку, где при температуре 150⁰С происходит их сушка и упрочнение. Высушенные сырцовые гранулы тарельчатым питателем подаются во вращающуюся печь для вспенивания и обжига. Обжиг производится при температуре 750-800 ⁰С и

продолжительности пребывания гранул в печи 7-9 минут. Обожженные гранулы направляются в ленточно-сетчатую печь для отжига и охлаждения. Охлажденное гранулированное пеностекло загружается в бункер готовой продукции. При необходимости осуществляется фракционирование гранул на вибросите.

Основные свойства гранулированного пеностекла таковы: насыпная плотность 150-220 кг/м³, предел прочности при сжатии 0,6-1,1 МПа, минимальный размер гранул 10мм, максимальный - 30 мм, водопоглощение через 24 часа-5%, теплопроводность в насыпном виде 0,067-0,072 Вт/м*град. Пеностекло обладает морозо-, водо- и биостойкостью, не подвержено силикатному, железистому и известковому распадам. Оно может быть использовано вместо керамзитового гравия для производства теплоизоляционных легкобетонных плит, которыми изолируют покрытия производственных зданий, овощехранилищ и других помещений и в качестве наполнителя пенопластов. В смеси с пластичными глинами стекольный бой может служить основным компонентом керамических масс. Изделия из таких масс изготавливают по полусухой технологии, их отличает высокая механическая прочность. Введение стекольного боя в керамическую массу снижает температуру обжига и повышает производительность печей. Выпускают стеклокерамические плитки из шихты, включающей 10-70% боя стекла, измельченного в шаровой мельнице. Массу увлажняют до 5-7%, плитки прессуют, сушат и обжигают при температуре 750-1000⁰С, водопоглощение плиток составляет не более 6%, морозостойкость более 50 циклов. Битое стекло применяют также как декоративный материал в цветных штукатурках, молотые стекольные отходы можно использовать, как присыпку по масляной краске, абразив –для изготовления наждачной бумаги и как компонент глазурей.

В керамическом производстве отходы возникают на различных стадиях технологического процесса. Сушильный брак после необходимого измельчения служит добавкой для снижения влажности исходной шихты. Бой глиняного кирпича используется после дробления, как щебень в общестроительных работах и при изготовлении облегченного бетона.

Кирпичный щебень имеет насыпную плотность 800-900 кг/м³, на нем можно получать бетоны со средней плотностью 1800-2000 кг/м³, т.е. на 20% легче, чем на обычных тяжелых заполнителях. Применение кирпичного щебня эффективно для изготовления крупнопористых бетонных блоков средней плотностью до 1400 кг/м³.

В производстве фасадной керамики, облицовочных фасадных плиток, санитарно-строительных изделий кирпичный бой применяют в составе керамических шихт, как шамот для обогащения масс и улучшения свойств готовой продукции.

Значительное количество отходов в виде недожега образуется при получении аглопорита. Недожег возвращают на спекательные машины, что способствует повышению газопроницаемости шихты, а также улучшению процесса агломерации структуры аглопорита и его качества.

10.2. Использование бетонолома

Источниками получения бетонолома являются: разборка старых сборных бетонных и железобетонных конструкций; брак на производстве; стихийные бедствия (землетрясения, ураганы и т.д.).

Одним из важнейших резервов материальных и энергетических ресурсов в области строительной индустрии является вовлечение отходов от некондиционного бетона и железобетона с целью обеспечения принципа безотходного производства. Для этого требуется разработать высокоме-

ханизированную линию по переработке некондиционного бетона и железобетона.

Технологическая нитка должна включать:

- разрушение крупногабаритных конструкций;
- извлечение арматуры;
- дробление бетона;
- фракционирование дробленого заполнителя;
- проведение активации.

На сегодня разработаны установки, позволяющие разрушать изделия длиной до 24 м, шириной 3,5 м и высотой до 0,6 м; УПН-7(12)-3-0,6, УПН 24-3,5-0,6.

Технология процесса. На колосниковый стан с помощью подъемного механизма укладываются некондиционные железобетонные или другие бетонные отходы, на изделие опускается рычажный пресс. Дробленый бетон по мере разрушения через колосниковую решетку с диаметром 250 мм поступает по ленточному транспортеру на дальнейшую переработку. Арматурный каркас, очищенный от бетона на специальных площадках передается для сбыта в металлолом. Попавшие куски арматуры через колосниковую решетку извлекаются навесным электромагнитом ПМ-15.

Для вторичного дробления бетона используется щековая дробилка СМД-109, СМД-108. Выход фракций, содержащих куски до 70 мм, используется в дорожных покрытиях. Дальнейшее дробление производится в конусной дробилке СМД-27Б с выделением фракций до 5, 5-20, 20-40 мм. В таком виде полученные зерна применять нецелесообразно, необходима термомеханическая активация с целью восстановления гидравлической активности. Если иметь еще помольную установку после активации, то можно полностью заменить цемент в строительных растворах, а в бетонах расход цемента снижается до 40-60%.

10.3. Использование пыли цементных заводов

При производстве портландцемента образуется цементная пыль, которую можно использовать при производстве строительных материалов. Цементной пыли образуется до 1% от общего количества производимого цемента. Возврат всей пыли в производство цемента во многих случаях нежелательно т.к. в клинкере содержатся щелочи, а их содержание ограничивается ГОСТом, поэтому проблема самоутилизации цементной пыли нерешена. В зависимости от содержания щелочей в цементной пыли она делится на 3 вида:

Малощелочная – 1,08–3,05%;

Среднещелочная – 3,59–10,35%;

Высокощелочная – 26,72–35,10%.

Удельная поверхность пыли 3000-10000 см²/г, кроме того цементная пыль содержит от 0,2 до 22% свободного СаО, окиси серы от 9,64 до 24,5%, F₂O от 0,82 до 8,8%, которые придают отрицательные свойства при возврате в печь в процессе обжига. Цементная пыль используется также при приготовлении шлакощелочных вяжущих, как наполнитель в асфальтобетоны, при изготовлении местных малоклинкерных вяжущих.

Использование отходов ультраосновных пород.

Известно, что в большинстве случаев в качестве заполнителя при изготовлении панелей и других строительных конструкций используется щебень из гранитных пород. В условиях Баженовского месторождения хризотил-асбеста при разработке открытым способом образуется большое количество каменных отходов из вмещающих пород – перидотитов и серпентинитов. С целью реализации отходов разработана технология производства щебня. Оказалось, что такой щебень, будучи использован в строительных конструкциях для жилых зданий, создает комфортные условия

вследствие незначительного содержания в щебне естественных радионуклидов.

11. Применение вторичного полимерного сырья.

Изготовление отделочных плиток на основе полимерных отходов.

Утилизация полимерных ТБО в виде упаковочной и бутылочной тары позволяет получать строительные отделочные плитки. Полимерными основами указанных видов отходов являются соответственно полиэтилен (ПЭ) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ), оба полимера относятся к классу термопластов с температурами плавления для ПЭ - 130⁰С, для ПЭТФ - 265С, что создает возможность изготовления изделий из композиций на основе данных отходов методом горячего прессования, как наиболее приемлемого для получения строительных отделочных плиток.

Отсюда следует, что одной из первоочередных операций в процессе рециклинга полимерных отходов данным способом является их измельчение, которое в отличие от низкомолекулярных твердых тел связано с определенными трудностями, обусловленными их низкоупругими свойствами.

Для придания отделочным плиткам требуемых физико-механических, эксплуатационных и эстетических свойств использовались различные наполнители и пигменты. Наполнителями служили технический мел и обожженный песок, пигментами - оксиды металлов. Для увеличения твердости отделочных плиток в состав композиций на основе отходов ПЭ и комбинации отходов ПЭ и ПЭТФ вводили мел. Для придания износостойкости отделочных плиток в композицию на основе отходов ПЭТФ вводили обожженный песок

Предложена технологическая схема изготовления строительных отделочных плиток на основе отходов в виде упаковочной тары из ПЭ и бутылочной тары из ПЭТФ.

Для загрузки отходов в дробильное оборудование, а также для увеличения эффективности транспортировки отходов упаковочную и бутылочную тару сминают. Последующее грубое измельчение или дробление необходимо для превращения смятых плоских отходов в крошку с размерами частиц, позволяющими загружать их в типовые измельчители. Грубое измельчение наиболее эффективно и экономично проводить на дробильных вальцах.

Дальнейшее тонкое измельчение, необходимое для однородного смешивания с наполнителями и для загрузки смеси в пресс-формы, возможно проводить в дезинтеграторах. Заключительной технологической операцией является удаление с плиток образующегося при прессовании облоя.

Таким образом, предлагаемые составы композиций на основе отходов упаковочной и бутылочной полимерной тары с добавлением различных наполнителей могут быть использованы для изготовления отделочных напольных и стеновых плиток в соответствии с их физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Материалы на основе изношенной резины.

К числу особенно распространенных полимерных отходов относятся отработанные резиновые изделия такие, как конвейерная лента, шланги, изношенные автомобильные, авиационные и другие шины.

При комплексном использовании полимерных материалов и металла, содержащихся в изношенных шинах, из 1т этих отходов можно выделить для повторного использования около 700-750кг резины, 130-150 кг химических волокон и 30-40кг стали.

Изношенные шины частично применяют для ограждений на дорогах, защиты побережья рек и морей от разрушения, предохранения от ударов судов.

Основным способом переработки амортизированных шин и других отходов резины является регенерация. Применение 1 т. регенерата экономит около 500 кг синтетического каучука. Регенерат получают очисткой износившихся резиновых изделий с помощью кислот и щелочей, нагрева и введения добавок мягчителей. Старую резину обычно измельчают в крошку с частицами до 1,5 мм или мельче.

Отработанную резину применяют в производстве гидроизоляционных строительных материалов, материалов для полов, клеев, мастик и герметиков.

Гидроизоляционные материалы типа «Изола» изготавливают на битумно-резиновых вяжущих материалах, регенерацией и девулканизацией изношенной резины, в основном старых автопокрышек, совместно с битумом и последующей пластификацией.

На производство изола ежегодно расходуется примерно 40 тыс. т. изношенных автопокрышек. При этом производственный процесс заключался в дроблении изношенной резины на шинорезках и молотковых дробилках, до частиц размером не более 1 мм, регенерации резины в смесителе плавлении её с битумом при температуре 170-180°C и обработке битумно-резиновой смеси на вальцах до получения однородной пластичной массы.

Битумно-резиновые вяжущие отличаются от исходных битумов повышенной эластичностью, температурой размягчения, прочностью и долговечностью. При соотношении резины и битума 1:1 эластичность увеличивается в 3 раза, сопротивление разрыву до 0,8 МПа. Температура хрупкости снижается до (-20°C), предотвращается быстрое старение.

Изменяя состав битумно-резинового вяжущего, вид наполнителей и способ обработки можно изготавливать в

виде рулонного материала, кровельных плиток или гидроизоляционной мастики.

Рулонный изол – безосновный материал, обладающий высокой водо- и биостойкостью, а также деформативной способностью. Из листа изола вырубают кровельные плитки.

Близким к изолу по свойствам является бризол. Его изготавливают вальцеванием и последующим каландрированием смеси нефтяного битума дробленой резиновой крошки асбестового волокна и пластификатора.

Бризол подразделяют на две марки: средней (бр-с) и повышенной прочности (бр-п). Первый применяют при рабочей температуре 5-30°C, а второй 20-25°C.

Битумно-резиновые материалы выпускают также в виде пористых жгутов и полос (пороизол) для герметизации стыков конструкций, а также как приклеивающие и изоляционные мастики. Изол и бризол применяют для гидроизоляции подвальных этажей зданий, подземных трубопроводов и других сооружений, бассейнов, антикоррозионной защиты и устройства кровли.

Перспективным способом утилизации отходов *полиолефинов*, как и других термопластов, является их повторная переработка, отходы предварительно сортируют от инородных включений, а затем подвергают измельчению, агломерации и грануляции. Из гранулята получают различные изделия, в т. ч. строительного назначения.

Вторичное сырьё целесообразно вводить в полимерные композиции в количестве до 40-50% первичного вместе с пластификаторами, наполнителями и стабилизаторами.

Один из методов получения строительных плит состоит в прессовании смеси пластмассовых отходов и песка, взятых в соотношении 1:1. Песок просеивают, нагревают до 500°C, добавляют к смеси отходы полиэтилена и полисти-

рола, смешивают при температуре 150°C в течение 25 мин, затем полученную массу прессуют.

По аналогичной технологии получают материалы из пластмассовых отходов в смеси с мелом, стекловолокном, асбестом и другими минеральными наполнителями. Все компоненты в течение 2 часов подсушивают при 120°C, затем их пластифицируют в смесителе при 250-300°C в течение 15 мин, выгружают при 180°C в форму и прессуют. Полученные композиции обладают хорошими прочностными показателями и высокой стойкостью к истиранию, что позволяет использовать их при изготовлении плит для полов. Для улучшения внешнего вида изделий при смешивании добавляют такие пигменты, как оксиды железа и хрома желтый крон, диоксид титана.

Также способом получения строительных материалов с применением отходов является расплавление полимеров с последующим смешиванием их с цементом, разливкой в формы и охлаждением. Эти изделия обладают высокой плотностью и стойкостью против горения.

12. Прочие отходы

12.1. Использование вторичных отходов мусороперерабатывающих заводов в производстве строительных материалов

Мусороперерабатывающие заводы являются централизованным местом сбора всех видов бытовых и промышленных отходов, поэтому именно там целесообразно отбирать материал, пригодный для вторичного использования.

Полученный картонажный гранулянт направляется в две параллельно расположенные линии, находящиеся на территории мусороперерабатывающего завода. Первая линия, предназначенная для производства топливносодержащих блоков (брикетов), состоит из бункеров хранения зол ТЭС картонажного гранулянта, смесителя и шенекового пресса со специальной насадкой.

Из бункеров запаса зола и картонный гранулянт в определенном соотношении подаются в двухвальный смеситель, туда же подается специальный связующий реагент, также являющийся продуктом отхода промышленных производств. Тщательно перемешанная масса с формовочной влажностью поступает в шнековый пресс, где осуществляется формование блоков (брикетов). Из пресса плотные блоки подаются на площадку для естественной сушки.

Вторая линия состоит из традиционной линии производства керамического кирпича с добавленным к ней узлом ввода в глиномассу картонного гранулянта. В качестве энергетического топлива для печей обжига служат топливосодержащие блоки, поступающие со склада готовой продукции первой технологической линии. Использование топливосодержащих блоков при обжиге кирпича снижает на 20-30 % расход первичного топлива.

Исследовалось влияние добавки картонного гранулянта в шихту для получения пористого керамического кирпича. Составы шихт и свойства полученных бразцов приведены в табл. 1 и 2 соответственно. Как следует из данных таблиц, введение картонного гранулянта вместо песка не только не ухудшает качества получаемых изделий, но и повышает прочность и понижает плотность и коэффициент теплопроводности, что сказывается на улучшении конструкционного качества кирпича.

В целом реализация проекта дает возможность уменьшить площадь захоронения отходов мусороперерабатывающих заводов, снизить энергозатраты на производство строительных материалов, улучшить экологическую ситуацию в районе.

Таблица 1

№ состава	Содержание компонентов, %		
	Глина	Песок	Картонный гранулянт

1	100	-	-
2	90	10	-
3	85	15	-
4	80	20	-
5	95	-	5
6	90	-	10
7	85	-	15
8	80	-	10

Таблица 2

№ состава	Плотность г/см ³	Воздушная усадка, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент конструктивного качества	Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(см ⁰ С)
1	2	8	10,3	5,15	0,75
2	2,15	7,6	13,9	6,47	1
3	2,2	6,6	16,2	7,36	1,15
4	1,9	6,1	13,2	6,95	0,63
5	1,75	8,6	15,7	8,97	0,54
6	1,7	7,4	12,6	7,41	0,51
7	1,7	7,2	12	7,06	0,51
8	1,74	7	11,5	6,61	0,53

12.2. Отходы целлюлозно-бумажной промышленности.

Строительные материалы на основе скопа отхода целлюлозно-бумажной промышленности.

Были проведены исследования возможности получения теплоизоляционных материалов с использованием скопа Пермского ЦБК. При этом скоп использовали в двух вариантах: как наполнитель в теплоизоляционном материале на основе минерального вяжущего и как самостоятельное

вяжущее вещество с наполнителем в виде зернистых пористых материалов- вспученный пенополистирол в гранулах.

В качестве связующего использовали фторангидритовое воздушное вяжущее (ФВВ). ФВВ представляет собой молотый отход производства фтористого водорода. Он образуется при нейтрализации известью серной кислоты, используемой в этом производстве, и состоит из растворимого ангидрита. Вяжущее имеет марки 5,10,15 (в данном случае марка обозначает прочность стандартных образцов в стандартном возрасте в МПа). В нашей работе было использовано ФВВ-10.

При проведении экспериментов использовали скоп, образующийся до переработки его в листы. Он имеет влажность 39-40%, плотность 35 кг/м³.

Образцы материала получали следующим образом. Из смеси компонентов формовали образцы балочки. Отформованные образцы затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 80⁰С до постоянной массы. По окончании сушки определяли линейную усадку образцов, их среднюю плотность и прочность при изгибе и сжатии.

Для составов с ФВВ получены следующие результаты.

Линейная усадка, %.....	6
Средняя плотность, кг/м ³	300-400
Прочность при изгибе, кг/см ²	1,7-2,4
Прочность при сжатии, кг/см ²	35-50

Для составов, в которых скоп использовали в качестве вяжущего, а заполнителем служил вспученный гранулированный пенополистирол, получены следующие результаты.

Линейная усадка, %.....	4-5
Средняя плотность, кг/м ³	100-200
Прочность при изгибе, кг/см ²	1,5-2
Прочность при сжатии, кг/см ²	15-20

Как видно из приведенных результатов, характеристики материала соответствуют требуемым для жестких теплоизоляционных плит.

Очень важно, что распалубка отформованных изделий при использовании скопа может быть произведена немедленно после формования. Это позволяет значительно сократить парк форм и уменьшить требуемые площади под это производство.

12.3. Карбонатные отходы сахарного производства

В данной работе приведены результаты исследований состава и свойств отхода сахарной промышленности - дефеката, на основе которого получены бесцементные вяжущие материалы и изделия неавтоклавного твердения.

Свойства исходного сырья и компонентов вяжущего представлены ниже. Дефекат состоит в основном из кальция (содержание СаО- 88,28%,MgO- 3,22%, SiO₂- 4,66%). Используемый в работе шлак содержал кварц - 55,6%, окись кальция – 7,52% и аморфную фазу. Применяемая для корректировки состава вяжущего супесь представлена в основном кварцем, полевыми шпатами, гидрослюдами и другими глинистыми минералами. Пиритные огарки, образующиеся при производстве серной кислоты, состоят в основном из оксидов железа Fe₂O₃-63-15%, FeO-6,2%, а также SiO₂-12-47%, Al₂O₃+TiO₂- 3,75%, СаО- 6,29% и MgO-1,3%; по гранулометрическому составу относятся к полидисперсным материалам и характеризуются следующими свойствами: теплота смачивания 4,28 кДж/кг, удельная поверхность по ПСХ-2-2500-3300 см²/г, плотность 4,18г/см³.

Клинкер, полученный из 100% дефеката и измельченный до фракции помола цемента, характеризовался прочностью образцов 1,5-1,8 МПа.

Изучение влияния добавок глины показало, что ее оптимальное количество в шихте составляет 9-14%.

Оптимальное содержание шлака (8-12%) установлено по совместному влиянию шлака и глины на показатели максимальной прочности. Добавки шлака и глины позволили повысить прочность минерального вяжущего до 20 МПа.

Дополнительно проведенные исследования влияния содержания пиритных огарков на изменение прочности минерального вяжущего показали, что оптимальная добавка 3-5% улучшает водоустойчивость нового вяжущего и при отсутствии шлака повышает прочность на 3-4 МПа.

Изучение различных составов композиций из дефеката, глины, шлака, огарков позволило получить оптимальные составы, имеющие прочность при сжатии до 10-25 МПа.

Исследование зависимости прочности бетонов на минеральном вяжущем из дефеката от температуры обжига позволило установить оптимальную температуру обжига 1475-1525⁰С. Лучшими технологическими свойствами обладает состав с содержанием следующих компонентов: дефекат- 60-70%; глина-8-12%; шлак- 4-8%; угольная (коксовая) пыль-7-10%.

Состав, содержащий 70% дефеката, является оптимальным. Клинкер, получаемый из композиционного материала, имеет равномерную структуру и отвечает требованиям долговечности и эффективности. На основе данного состава из бросовых отходов сахарной промышленности разработана технологическая схема производства минеральных вяжущих веществ и осуществлено опытно-производственное внедрение выпуска легкобетонных блоков для нужд самих предприятий.

13. Безобжиговые стеновые материалы с использованием местного сырья

Саман-это искусственный стеновой материал, полученный путем формования из смеси глины, суглинков с органическими наполнителями (солома, торф, костра) и вы-

сушенные до влажности 4-6%. Кирпич-сырец – искусственный материал из глины, суглинков с отощителями и высушенные до влажности 4-6%.

Наиболее пригодными являются глины, в которых преобладают зерна величиной от 0,01 до 0,02 мм и содержащих Al_2O_3 - 9-12%. Для получения доброкачественной продукции необходимо содержание Al_2O_3 не менее 9% и не более 14%. Если содержание окиси алюминия меньше 9% (тощий суглинок), то кирпич и саман не будут обладать необходимой прочностью, если окиси алюминия содержится 14-25%, то глины жирные и требуют отощителей, так как имеют высокую степень пластичности. Наиболее подходящими являются среднепластичные глины. Малопластичные глины дают небольшую прочность и требуют повышения пластичности, которую можно повысить следующими способами: вылеживанием замоченной глины в течение длительного времени, вымораживанием, добавлением высокопластичной глины и использованием пластификаторов. Технология получения: заготовка глины и наполнителей → замачивание глины → шихтовка с наполнителем → проминка глины → формование сырца → сушка (естественная). При строительстве во влажных местах саман после сушки рекомендуется окуривать-сушка дымом.

Грунтоблочные стены появились в 30-х годах 20 века. Для производства грунтоблоков пригодны глины, суглинки, лессы, супеси, чернозем при естественной влажности. Для оценки пригодности определяется связность, т.е. берется проба из свежевырытого грунта с глубины 25-30 см. Например, суглинки (г.Ступино) в которые вводилось 25% по объему опилок имели в 7-ми дневном возрасте прочность 35-45 кгс/см², из грунтов Мытищинского карьера при введении 80% опилок, блоки имели прочность 40-70 кгс/см². Прочность грунтоблоков зависит от влажности грунта, от наличия глинистых и вылеватых частиц, степени уплотне-

ния, количества воды и вида заполнителя. Карьерная влажность обычно составляет 12-18%, если влажность меньше 12%, то грунт плохо формуется, если больше 18%, то грунт прилипает к инструменту. Грунтоблоки выпускают размером 40x19,5x14 см. Кладка осуществляется на густом глиняном растворе. Из грунтоблоков со средней плотностью 1300-1600 кг/м³ изготавливают стены толщиной 45 см, а с плотностью 1600-2000 кг/м³ толщиной 55 см. Стены из грунтоблоков оштукатуриваются теплыми глиняными растворами с содержанием утепляющих органических заполнителей.

Изготавливают также грунтоблоки с утеплителями. К ним относят саманные блоки, получаемые из грунтовой массы с добавлением к ней резаной соломы, древесных опилок, торфяной крошки, которые являются утепляющими добавками, снижающими плотность и делающими их более стойкими. Из грунтов Мытищинского карьера Московской области, содержащих 16-18% глинистых частиц при введении древесных опилок более 50% получали грунтоблоки с прочностью на сжатие 70 кгс/см², влажность органических заполнителей должна быть 30%, а грунтовой смеси 15-20%.

Для предохранения глиносырцовых и саманных блоков от потери прочности при увлажнении в состав шихты вводятся стабилизаторы (чаще всего органические вяжущие материалы или известь). Стабилизаторы препятствуют проникновению воды в поры грунта, из которого изготовлен блок и предотвращают возможность набухания блока. Одной извести для стабилизации грунтоблоков достаточно ввести около 5% от общего веса грунтовой смеси.

Известково-глиняные блоки более прочны, водостойки и морозостойки, чем грунтоблоки со стабилизаторами. Обычный состав смеси по объему: 1 часть извести, 1 часть глины средней пластичности и 4 части минерального запол-

нителя. В составы рекомендуется также вводить органические вяжущие (битумы, дегти или смолы).

Грунтоцементные блоки это блоки из смеси естественных глинистых грунтов с небольшим количеством цемента. Такие блоки прочны, водостойки и морозостойки. Лучшими для изготовления грунтоцементных блоков являются смеси, содержащие по массе 15-30% глинистых частиц; цемента добавляют 7-12% от массы сухого грунта.

Грунтоцементные блоки имеют марки 35, 50 и выше. Со временем их прочность возрастает и через 2 года увеличивается в 2 –3 раза. Для уменьшения массы блоков и снижения расхода цемента в грунтовой смеси можно добавлять утеплители : минеральные до 15%, органические до 5%. Грунтоблоки можно использовать при строительстве зданий до трех этажей.

Для производства безобжиговых стеновых материалов могут использоваться следующие вяжущие материалы: портландцемент, известково-кремнеземистые вяжущие, магнезиальные вяжущие, гипсовые и фосфогипсовые вяжущие, шлакопортландцемент в качестве заполнителей используются малопластичные глины, песок, доломит, известняк, шлаки, золы, пенополистерол, опилки, вспученный перлит и т.д.).

Наиболее доступный и перспективный материал - безобжиговый кирпич находит все более широкое применение в практике строительства.

Список литературы.

1. Баженов П.И. Комплексное использование минерального сырья при производстве строительных материалов. Ленинград-Москва, 1983.
2. Гладких К.В. Шлаки – не отходы, а ценное сырье. М., Стройиздат, 1986.
3. Глуховский В.О. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях. Киев, Вицашкола, 1991
4. Гольдштейн Л.Я., Штейерт Н.П. Использование топливных зол и шлаков при производстве цемента. Ленинград, Стройиздат, 1987.
5. Использование отходов, попутных продуктов в производстве строительных материалов и изделий. Охрана окружающей среды. Научно-технический реферативный сборник. Вып. 12, М., 1996.
6. Майборода В.Ф. Применение вулканических шлаков в строительстве. М., Стройиздат, 1988.
7. Мещеряков Ю.Г. Гипсовые попутные промышленные продукты и их применение в производстве строительных материалов. Ленинград, Стройиздат, 1982.
8. Спивак. Н.Я. Легкий бетон. М., Стройиздат, 1990
9. Чистяков Б.З. Использование отходов промышленности в строительстве, Ленинград, 1987.

Содержание

Введение

- 1.Классификация промышленных отходов.
- 2.Источники образования промышленных отходов
- 3.Эффективность использования отходов.
- 4.Комплексное использование местных вулканических пород, отходов горнообогатительных фабрик и вскрышных пород.
 - 4.1.Комплексное использование перлитов Мухор-Талинского месторождения.
 - 4.2. Использование отходов горнодобывающей промышленности.
 - 4.3. Комплексное использование доломитов.
 - 4.4. Использование вулканических шлаков.
 - 4.5.Применение железистых, серосодержащих и кремнистых побочных продуктов.
- 5.Комплексное использование металлургических шлаков в производстве строительных материалов.
 - 5.1.Классификация шлаков.
 - 5.2.Характеристика и состав шлаков
 - 5.3.Пути рационального использования шлаков
6. Источники образования золошлаковых отходов и пути их рационального использования
 - 6.1.Характеристика золы и золошлаковых отходов отходов Улан-Удэнской ТЭЦ-2.
 - 6.2.Область применения золошлаковых отходов.
- 7.Отходы деревообработки
 - 7.1.Классификация древесных отходов.
 - 7.2.Структура и свойства древесины
 - 7.3.Использование древесных отходов от деревообработки.
- 8.Гипсовые попутные промышленные отходы и их применение в производстве строительных материалов.

- 8.1.Классификация гипсовых отходов
- 8.2.Характеристика системы
- 8.3.Применение фосфогипсовых отходов
- 9.Комплексное использование нефелинового шлама
 - 9.1.Нефелиновый шлам-сырье для производства портландцемента
 - 9.2.Получение вяжущих веществ на основе нефелинового шлама.
 - 9.3.Изготовление керамзитобетона.
 - 9.4. Изготовление газобетона.
 - 9.5.Приготовление строительных растворов.
- 10.Отходы строительного комплекса
 - 10.1.Применение стекольных и керамических отходов
 - 10.2. Использование бетонолома.
 - 10.3.Использование пыли цементных заводов.
- 11.Применение вторичного полимерного сырья
- 12.Прочие отходы
 - 12.1.Использование вторичных отходов мусороперерабатывающих заводов
 - 12.2.Отходы целлюлозно-бумажной промышленности.
 - 12.3. Карбонатные отходы сахарного производства.
- 13.Безобжиговые стеновые материалы с использованием местного сырья.
- Список литературы
- Содержание