

Министерство образования Российской Федерации

Восточно –Сибирский государственный
технологический университет

Краткий курс
лекций по “Дисциплине специализации”
раздел “Комплексное использование минерального
сырья и отходов промышленности”
для студентов заочного обучения специальности
“Производство строительных материалов,
изделий и конструкций”

Редактор Т.А. Стороженко
Подписано в печать 29.03.02.
Формат 60 х84/16. Усл.п.л. 3,49, уч.-изд.л.3,0
Тираж 100экз. Печать опер.,бум.писч. Заказ 73.
Издательство ВСГТУ, г.Улан-Удэ
ул.Ключевская, 40а

Составители:
Щукина Е.Г.
Будаева И.И.

г.Улан-Удэ 2002

Введение

Курс лекций по “Дисциплине специализации” выполнен по разделу “Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности” с учетом использования промышленных отходов в том числе и Забайкалья. Рассмотрены отходы топливно-энергетической, деревообрабатывающей, металлургической, строительной и других отраслей промышленности и использование их в производстве строительных материалов и изделий. Данный курс лекций позволит студентам заочного обучения более глубоко изучить строительные материалы с использованием отходов промышленности и местного минерального сырья.

Для более полного усвоения материала предусматривается выполнение курсовой работы, перечень тем прилагается.

Методические указания выполнены в соответствии с требованиями ГОСВО и могут быть рекомендованы к изданию.

Рецензент

доцент кафедры ПСМИ

Архинчеева Н.В.

Список литературы.

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

Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности для производства строительных материалов.

Лекция 1.

Введение.

Использование отходов горнодобывающей промышленности.

Тенденция постоянного наращивания добычи минеральных и топливно-энергетических ресурсов в конечном итоге может привести к глобальному рассеянию углеводородного сырья и многих металлов в земной коре. 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.

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.

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.

В Сибирском регионе накопилось большое количество отходов, которые можно использовать в качестве минерального сырья. В настоящее время определены возможности комплексного использования существующих месторождения силикатного, а также вторичного и техногенного сырья Восточной Сибири в производстве строительной керамики, стекломатериалов и пористых заполнителей.

При производстве строительных материалов используются отходы следующих производств:

1. Отходы угледобывающей промышленности и тепловой энергетики (горелые шахтные породы терриконики, отходы угледобывающих фабрик, золы ТЭЦ);
2. Отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности (отходы пиления и обработки древесины);

набухания блока. Одной извести для стабилизации грунтоблоков достаточно ввести около 5% от общего веса грунтовочной 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 заполнителя. 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 грунтовочные смеси можно добавлять утеплители : минеральные до 15%, органические до 5%. Грунтоблоки можно использовать при строительстве зданий до трех этажей.

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 уплотнения, 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 40х19,5х14см. Кладка осуществляется на густом глиняном растворе. Из грунтоблоков со средней плотностью 1300-1600 кг/м³ изготавливают стены толщиной 45 см, а с плотностью 1600-2000кг/м³ толщиной 55см. Стены из грунтоблоков оштукатуриваются теплыми глиняными растворами с содержанием утепляющих органических заполнителей.

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% получались грунтоблоки с прочностью на сжатие 70кгс/см². Влажность органических заполнителей должна быть 30%, а грунтовой смеси 15-20%.

Грунтоблоки со стабилизаторами

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

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, стекольный бой);

7. Отходы металлургической промышленности (отходы сталеплавильной промышленности);

8. Отходы городского хозяйства (отходы автомобильного транспорта, отходы от ремонта дорог);

9.Отходы фарфорового производства;

10.Отходы полимерных материалов (разного назначения);

11.Отходы текстильных материалов (разного назначения);

12.Прочие виды отходов.

Эффективность использования отходов

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.

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 высокоразвитых.

Классификация промышленных отходов

1. 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
- водоорганоминеральные
- органоминеральные

2. Отраслевая

Химическая

Деревообрабатывающая

Металлургическая

Энергетическая

Строительный комплекс

Нефтеперерабатывающая

3. 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 являются ультракислыми, $K_{\text{н}} = 0 - 0,8$ – кислые, $K_{\text{н}} = 0,8 - 1,2$ – нейтральные; $K_{\text{н}} = 1,2 - 3$ – основные,

ченный путем формования из смеси глины, суглинков с органическими наполнителями (солома, торф, костра) и высушенные 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 достаточную степень пластичности. Наиболее подходящими являются среднепластичные. 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, сглинки (г.Ступино) в которые вводилось 25% по объему опилок имели в 7-ми

образуется до 1% от общего количества производимого цемента. Возрат 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 7000-10000 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%Ю, которые придают отрицательные свойства при возврате в печь в процессе обжига. Цементная пыль используется также при приготовлении шлакощелочных вяжущих, как наполнитель в асфальтобетонах, 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.

Безобжиговые стеновые материалы.

Саман-это искусственный стеновой материал, полу-

при $K_n > 3$ ультраосновные.

Ультракислые и кислые отходы вяжущими свойствами не обладают, к ним относятся отходы с преобладанием SiO₂, нейтральные обладают скрытыми вяжущими свойствами к ним относятся доменные шлаки, вяжущие свойства проявляются в автоклавах; к основным относится нефелиновый шлам, к ультраосновным – известь, карбидный ил.

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

Таблица 1.

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. Крупный камень, щебень, пески, порошки
			Твердые	
Б	Искусственные продукты, полученные в результате глубоких физико-химических процессов.	а) Образовавшиеся при обработке ниже температуры спекания	Газы	Газы, смесь газов, водяной пар, парогазовая смесь
			Жидкие	Растворы, суспензии, шламы, грязи

Технологическая нитка должна включать:

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

На сегодня разработаны установки, позволяющие разрушать изделия с 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%.

Использование пыли цементных заводов

При производстве портландцемента образуется цементная пыль, которую можно использовать при производстве строительных материалов. Цементной пыли

стоит в прессовании смеси пластмассовых отходов и песка, взятых в соответствии 1:1. Песок просеивают, нагревают до 500°C, добавляют к смеси отходы полиэтилена и полистирола, 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 также 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.

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 высокомеханизированную линию по переработке некондиционного бетона и железобетона.

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	Газы	Газы, смесь газов, водяной пар
			Жидкие	Растворы, смесь газов, водяной пар, парогазовая смесь
			Твердые	Крупный камень, щебень, пески, порошки, измельченная осаждаемая пыль
		в) образовавшиеся осадки 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	-	Газы	Газы, смесь газов, водяной пар
			Жидкие	Растворы, эмульсии, суспензии
			Твердые	Щебень, пески, порошки

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.)

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

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 гнилостойкостью, 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 рабочих 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 со-

вания 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

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 составят 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.

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 –350°C 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 до 20% получают портландцемент с активной минеральной добавкой, 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,

абразив –для изготовления наждачной бумаги и как компонент лазурей.

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 1800-2000кг/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.

Применение вторичного полимерного сырья.

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 использо-

Использование 1 тыс. тонн стеклобоя в производстве стеклоизделий высвобождает 1.25 тыс. тонн кондиционного сырья. Из отходов листового оконного стекла получают стеклянную эмалированную плитку. При этом стекло режут на плитки размером 150x150 мм или 150x75 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 бетона. У пеностекла обычного состава температуростойкость составляет 300-400, а у бесщелочного 800-1000°С 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.

Битое стекло применяют также как декоративный материал в цветных штукатурках, молотые стекольные отходы можно использовать, как присыпку по масляной краске,

как добавка-плавень в керамические материалы

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

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. 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 чер-

ный. В черных породах может быть одинаковое количество оксида и закиси железа.

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 ≥ 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.

Вулканический шлак как заполнитель бетонов и растворов

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.

Усадка легких бетонов больше, чем тяжелых, - это положение справедливо и для шлакобетонов, что объясняется повышенной деформативностью пористых заполните-

новом цементе и других видах цемента одинакова.

Изготовление бетонных и железобетонных изделий.

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).

Лекция 7

Применение стекольных и керамических отходов.

Основным направлением утилизации стекольного боя является возврат его в технический 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.

Таблица 6.

Содержание нефелинового 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. Физико-механические показатели - прочность на сжатие $R_{сж}$, призмная прочность $R_{призм}$ и модуль упругости E - имеют средние значения, установленными нормативными документами.

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" СН 290-84 и ГОСТ 5802-86. 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 подмыльного щелока. Песок для изготовления раствора имел модуль крупности $M_{кр}=1,3-2,1$.

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

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 нефели-

лей, уменьшением водосодержания бетона, контракцией, самовакуумированием, карбонизацией и прочим.

Отходы горнодобывающей промышленности 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 1,5млн.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.

В настоящее время в промышленности строительных материалов используются шамотные огнеупоры и теплоизоляция общего назначения с рабочей температурой не выше 1300⁰С.

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 (пласт. 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 $t=950-1050^{\circ}$ 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 получать 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 $V=56,8\%$, Мрз50, плитки для пола $V=0,5-1,9\%$ при $t=1050^{\circ}C$.

*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.

ведены в таблице 5.

Таблица 5.

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

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

Изготовление газобетона.

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

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.

Физико-механические характеристики газобетона на нефелиновых цементах различного состава приведены в таблице 6.

- 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.

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).

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 $420-500 \text{ кгс/см}^2$, жесткого - 500 кгс/см^2 , а при повышении давления до 13 атм. - 600 кгс/см^2 .

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 шламах различных заводов, имеют идентичные свойства.

Изготовление керамзитобетона.

Для опробования цемента с содержанием шлама 30-40% в производстве керамзитобетона цикл термовлажностной обработки был принят равным 11-13 ч при 80°C и расходе цемента 210 кг/м^3 . Прочностные характеристики панелей также не уступали характеристикам панелей, выпускаемых на портландцементе.

Отпускная прочность при расходе цемента 210 кг/м^3 для панелей марки 50 составила 80%. Прочностные характеристики керамзитобетона на нефелиновом цементе при-

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 Ca типа CSH.

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.

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 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.

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

Материал получается водостойкий, морозостойкий и может быть применен в дорожных основаниях.

Из фракции 0-20 мм можно производить известняковую муку.

Применение карбидной извести и карбонатных отходов

Карбидная известь применяется для получения известково-кремнеземистых вяжущих и автоклавных материалов на их основе. 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)

На содовых, целлюлозно-бумажных, азотно-туковых предприятиях скапливаются в виде отходов CaCO_3 .

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 нефелинового 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 и как гидравлическое вяжущие наравне с портландцементом;

- в гидротехническом строительстве;
- для жаростойких бетонов;
- для закрепления грунтов и тампонирувания скважин;
- при производстве литейных стержней и форм;
- для замены извести при производстве силикатного кирпича;
- для кладочных и штукатурных растворов;
- для производства гипсовых смешанных вяжущих;

Таблица 4.

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

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 2CaO*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.

Кроме того, технологический процесс производства окиси алюминия, принятый для ряда глиноземных заводов, обеспечивает получение шламов в виде тонких порошков, что резко повышает производительность сырьевого отделения.

Получение нефелинового вяжущего на основе нефелинового шлама.

Одним из промышленных направлений использования этих ресурсов является получение известково-белитового вяжущего и силикатного кирпича марок 125-200 и 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.

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.

Лекция 2

Комплексное использование металлургических шлаков в производстве строительных материалов.

Классификация.

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, 1,3т топлива, 60т воды и десятков тонн воздуха получается 1т чугуна и 0,6-0,7т шлака.

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

Для получения 1т меди, никеля, олова необходимо переработать от ста до трехсот тонн руды. Количество шлаков при выплавке 1т цветного металла достигает 15-25т.

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

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. И по цвету шлаки близки к горным породам. 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 ($M = (CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$), равно или больше единицы,

шлам является наиболее эффективным сырьевым компонентом 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.

Нефелиновый шлам-сырье для производства портландцемента.

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.

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

ва. При этом образуется огромное количество отходов, прошедших соответствующую термическую и химическую обработку. Так, на каждую тонну глинозема приходится около 7 т шлама. Установлено, что нефелиновый шлам по химическому составу близок к портландцементу (CaO -52-55%; SiO_2 -24-30%) и состоит в основном из двухкальциевого силиката (75-85% ***B C₂S***). В больших количествах в нем присутствуют ферриты кальция, алюмосиликаты натрия и кальция, углекислый кальций, водные окислы железа и другие компоненты. Это позволило предположить, что нефелиновый шлам может быть использован в качестве сырья для портландцемента.

На основании результатов выполненных исследований Гипроцемент предусмотрел использование нефелинового шлама в качестве основного компонента сырьевой смеси для получения портландцемента.

С 1953 г. на Волховском алюминиевом заводе в качестве сырьевого компонента 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 обусловливает 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 меньшую затрату тепла на обжиг клинкера, в частности, на карбонизацию известняка.

Опыт работы завода подтвердил, что нефелиновый

к кислым меньше единицы.

Примерный химический состав доменных шлаков следующий:

SiO_2 -30-40%, CaO -30-50% Al_2O_3 -4-20%, MnO -0,5-2%, FeO -0,1-2%, SO_3 -0,4-2,5%

Кислые шлаки имеют основность (CaO/SiO_2) меньше единицы, а основные - в пределах 1,3-3 и выше. 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 $\text{Ca}_2\text{AlSiO}_7$ - $\text{Ca}_2\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_7)$, ларнит β - Ca_2SiO_4 , ранкинит $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$, псевдоволластонит α - CaSiO_3 , анортит $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_8)$, монтчеллит CaMgSiO_4 , диоксид $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$. Соотношение тех или иных минералов определяется не только химическим составом шлаков, но и условиями их охлаждения.

Шлаки цветной металлургии обычно содержат до 40% кремнезема и 25-35% закиси железа. Эти шлаки бедны окисью кальция, так как плавки цветных металлов ведутся из сульфидных руд, состоящих из пирита. Обычно металлургические комбинаты производят шихтовку силикатных и сульфидных руд, содержащих медь, никель и другие цветные металлы, благодаря чему при плавке образуется главным образом железисто-кремнеземистый расплав.

Пути рационального использования шлаков.

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.

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 кислотостойких и жаростойких бетонах.

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. 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 цемента.

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

венный мрамор, акустические материалы на основе пеногипса путем введения химических добавок, гидрофобных солей жирных кислот фтористых соединений кремния, углекислых и двууглекислых солей.

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%.

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 Cr_2O_3 , играющих роль аллергена и способных образовывать и выделять токсичные газы. Особенность пористой 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 $t=20^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 50% составляет 4-10%, тогда как для цементных штукатурных растворов - 15%.

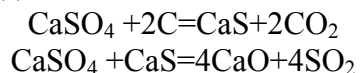
Лекция 6

Комплексное использование нефелинового шлама.

Проблема использования шлама возникла в связи с переработкой на глинозем нефелинового концентрата, получаемого из апатитовых "хвостов" Кольского полуострова.

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 для, панели из гипсоцементно-пуццолановых вяжущих, как основание пола, декоративные материалы, такие как искусст-

шлякоемкий, 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 являются высокорективными 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 такой же, как 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 изготавливают быстротвердеющие шлакопортландцементы с повышенной прочностью - до 600 кг/см². 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.

Кроме того, вследствие связывания кремнеземом шлаков свободной окиси кальция, выделяющейся при твердении портландцементов, они обладают повышенной стойкостью при работе в обычных и минерализованных водах.

Изготавливают шлакопортландцементы путем совместного помола в шаровых 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.

Прочность таких цементов изменяется в пределах 60-180 МПа.

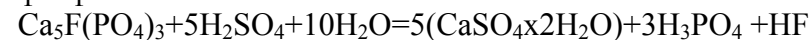
Активность шлакощелочных цементов с добавками эффузивных пород колеблется в пределах 40-100 МПа и зависит от их состава. Добавки кислого состава (перлитов, липаритов) и среднего (андезиты) повышают активность, а добавки основных пород (базальты, диабазы) несколько снижают ее или оставляют в тех же пределах. 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 цен-

Для производства высокообжиговых гипсовых ангидритовых цементов и высокообжигового гипса целесообразно использовать попутные продукты, практически не пригодные для изготовления строительного и высокопрочного гипсов и состоящие в основном из нерастворимого ангидрита (фтор ангидрит). 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.

При переработке апатитовых руд выбрасывается 4,25 т. фосфогипса, а при переработке фосфоритовых руд 5,66 т. фосфогипса.



Основные области применения фосфогипсовых отходов.

Фосфогипс используется при производстве строительного гипса дегидратацией высокопрочного гипса путем автоклавной обработки с одновременной нейтрализацией известью, 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 легко размалываемого клинкера.

Установлена пригодность фосфогипса для замены

вышенное 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).

Первый этап включает операции подготовки попутного продукта, снижения содержания примесей путем промывки, проведения реакции нейтрализации, обогащения и др. Растворимые в воде примеси удаляются при промывке водой. Снижение содержания примесей, входящих в кристаллические решетки сульфатов, достигается за счет фазового перехода.

Высокопрочный гипс (α -полугидрат).

Применение непрерывной автоклавной обработки при производстве высокопрочного гипса из попутных продуктов промышленности особенно целесообразно. Фазовый переход в автоклаве используется для очистки вяжущего и снижения примесей, входивших в кристаллическую решетку дигидрата. Если после автоклавной обработки вяжущее используется сразу для формования изделий, то его нужно сушить и смешивать с водой, положительной особенностью технологии является сравнительно низкий удельный расход топлива и энергии. При использовании технологии непрерывной автоклавной обработки фосфогипса получается высокопрочный гипс марок 300 и 400 из фосфогипса и марки 300 из цитрогипса.

Высокообжиговые гипсовые вяжущие.

требожным 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.

Из шлакопоритпоризованной шлаковой массы можно получать гранулы с закрытой поверхностью, производство которого заключается в следующих технологических операциях: вспучивание шлакового расплава, формование массы на шлакопоритовой машине и отжиг отформованных гранул. После отжига гранулы представляют собой дешевый продукт-шлакопорит, который не уступает по качеству керамзиту. При использовании его в конструкциях уменьшается удельный расход легкого заполнителя на единицу изделия, что снижает их стоимость.

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.

Для уменьшения напряжений и предотвращения образования трещин в период кристаллизации и последующего охлаждения изделий в формы перед их заливкой укладывают стальную арматурную сетку.

Шлаковая вата и изделия из нее. Шлаковая вата самый легкий минеральный материал. Один кубический метр ее весит от 70 до 250 кг. Ценные строительные свойства - биостойкость, температуростойкость (600-700⁰С), низкий коэффициент теплопроводности (0,038-0,055 Вт/м*град), высокие звукоизоляционные свойства, а также неисчерпае-

мые сырьевые шлаковые ресурсы, простота технологического процесса являются предпосылками для широкого ее применения.

При производстве шлаковой ваты в вагранку загружают доменный шлак соответствующего состава и определенной крупности (до 50-70 мм) и топливо, обладающее высокой механической и термической прочностями. В качестве топлива используют кокс, антрацит, древесный уголь. 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.).

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. Войлок, маты и другие гибкие изделия обычно изготавливаются конвейерным способом, а плиты, скорлупы для изоляции труб на синтетической связке - методом навивки. Жесткие изделия формуют на прессах.

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.

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) $\text{Ca SO}_4 \cdot \epsilon\text{H}_2\text{O}$;

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_2PO_4) является полуфабрикатом, применяющимся для изготовления фосфорных и сложных концентрированных удобрений.

Фосфогипс образуется при переработке апатита и содержит до 75 % CaSO_4 . 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.

Попутные продукты, содержащие сульфаты кальция, можно использовать как добавку-регулятор процессов схватывания при производстве портландцемента. Попутные продукты могут использоваться в качестве регулятора процессов схватывания портландцемента и прочность искусственного камня, поэтому фосфогипс, содержащий по-

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 помоле клинкера.

Технический лигносульфанат: 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.

Лекция 5

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

Label1

Классификация гипсовых отходов.

Наиболее простой классификацией гипсовых отходов является классификация по происхождению. Рассмотрим технологические процессы, при проведении которых образуется попутные продукты, содержащие сульфаты кальция:

Производство минеральных кислот –ортофосфорной (фосфогипс и фосфополугидрат), ортоборной (борогипс) и плавиковой (фторангидрит и фторгипс), органических кислот –лимонной (цитрогипс), виннокаменной, молочной и муравьиной; химическая переработка древесины (гидролизный гипс); производство комплексных удобрений из минералов и горных пород. Обработка водных растворов некоторых солей: FeSO_4 (кремнегипс), CaCl_2 .

Очистка промышленных газов содержащих SO_2 (сульфогипс);

Обработка водных растворов кислот, образующихся при производстве диоксида титана (титаногипс) Производство солей из озерной рапы, морской океанской воды (рапной гипс).

Рассмотрим достоверные и воспроизводимые фазы в

Шлакоситаллы.

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 TiO_2 , CaF_2 и P_2O_5). Модификаторы в тонкодисперсном состоянии ограниченно растворяются в массе стекла, и поэтому они служат центрами кристаллизации. Далее формируют изделия из расплава шлака с добавками.

Регулируя степень кристаллизации и состав кристаллической фазы, можно получить материал с требуемыми механическими и термическими свойствами.

Шлакоситалловые изделия характеризуются высокими физико-техническими свойствами, они обладают высокой износоустойчивостью, прочностью, химической стойкостью, хорошо сопротивляются атмосферным воздействиям, не обладают токсичностью. Средняя плотность шлакоситаллов - $2500\text{--}2650 \text{ кг/м}^3$, прочность на сжатие $500\text{--}600 \text{ МПа}$, а на изгиб - $90\text{--}120 \text{ МПа}$, коэффициент теплопроводности - $1,2 \text{ Вт/м}^\circ\text{град}$, рабочая температура - до 750°C , температура размягчения - до 950°C . 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 отвальных 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.

Лекция 3.

Источники образования золошлаковых отходов и пути их рационального использования.

Характеристика зол.

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 (последние имеют $M_o > 1$). Химический состав зол сильно колеблется в зависимости от вида топлива. В золе может быть:

15..60% - SiO_2 ; 5..45% - Al_2O_3 ; 5..40% - Fe_2O_3 ; 3..50% - CaO .

стью $\rho_o = 550-850 \text{ кг/м}^3$; водостойкость зависит от вида связующего и породы древесины. Основное назначение для изготовления мебели, в качестве отделочного материала, для обшивки 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, трудносгораемостью, биостойкостью, отсутствием токсичности, легкостью в обработке. 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. У этого материала самая высокая прочность на изгиб более 3 МПа

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),

затор 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 $\rho_0 = 1000-1550 \text{ кг/м}^3$; $R_{изг}$ до 48 МПа; $R_{сж} = 20-85 \text{ МПа}$.

Магнезиальный ксилолит получен на основе каустического магнезита или каустического доломита с использованием растворов солей магнезия 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%. $\rho_0 = 800-900 \text{ кг/м}^3$; $R_{изг}$ не менее 1,1 МПа, $R_{сж}$ не менее 8 МПа.

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

Древесноволокнистые плиты (ДВП) - получают на основе горячего прессования древесной шерсти и термореактивных смол. Средняя плотность $\rho_0 = 300-500 \text{ кг/м}^3$; $R_{изг}$ до 5 МПа. Основное назначение 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 качестве связующих используются фенолформальдегидная смола, карбамидная смола и др. По конструкции они делятся на одно- трех и многослойные; со средней плотно-

В угольных золах больше содержится SiO_2 ; в сланцевых и торфяных возрастает содержание CaO . 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 минеральной добавки в цементы и бетоны, для производства ячеистых бетонов. Химическая активность золы повышается при тепловой обработке бетона. Большей 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 см²/г, а для плотных бетонов – не менее 1500 см²/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 облагораживающих добавок (активизирующих золу, пластифицирующих бетонную смесь) целесообразно устанавливать предварительными опытами для конкретного вида золы и бетона.

Характеристика золошлаковых отходов г. Улан-Удэ.

В г. Улан-Удэ источниками золошлаковых отходов являются ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2. Предприятия электроэнергетической отрасли являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в республике. В 1997 г. их выбросы составили 61,71 тыс. тонн или 50,5% от валовых выбросов стационарных источников загрязнения из них твердых – 28,19 тыс. тонн, газообразных и жидких – 33,29 тыс. тонн. На предприятиях уловлено 455,11 тыс. тонн загрязняющих веществ, коэффициент улова составил 88,15. 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 –

Рациональные пути использования древесных отходов от деревообработки.

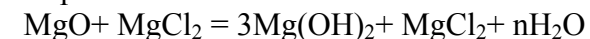
На основе органических связующих с использованием древесных отходов можно изготавливать:

- 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 М=400, древесная щепа, минерали-

При твердении портландцемента выделяется гидроксид кальция, что приводит к увеличению pH 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.

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.

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 профильтрованного 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 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.

Пути рационального использования золошлаковых отходов и золы.

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-

Химический состав древесины в %:

C - 49,5

O - 44,1

H - 6,3

N - 0,1

Остальное - минеральная часть.

В лиственных породах содержание пентозанов превышает в 2-2,5 раза, 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- еще более высокомолекулярное соединение с содержанием C 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 1500°C никаких химических изменений не происходит; при увеличении температуры до 200°C целлюлоза разлагается с образованием продуктов, растворимых в щелочах, спиртобензоле, при повышении температуры, выше 250°C из древесины выделяются газообразные продукты. Совместное влияние температуры и влажности усиливает скорость химических превращений.

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 изделий). Средняя плотность не превышает 1500 кг/м^3 . Расход технологического топлива снижается на 20-70%. Цикл сушки кирпича-сырца сокращается более чем на 20%.

Лекция 4

Отходы деревообработки и их использование в производстве строительных материалов.

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

22 %.

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 сырьевых 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 бетона. Дальнейшее твердение гравия происходит непосредственно в массе бетона, что обеспечивает высокую монолитность материала. Безобжиговый зольный гравий имеет плотность $600-900 \text{ кг/м}^3$ и прочность 4,5-6 МПа (после нормального твердения в течение 28 суток). Из зольных гранул можно получать бетоны плотностью $900-2000 \text{ кг/м}^3$ 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 м^3 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 кон-

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

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 плавко-

сти (температура размягчения соответственно до 1200 и 1400⁰С).

- 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 Ca+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 1250 кг/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 топливную 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, отсеивают и дробят.