

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

медленнее алита и при его взаимодействии с водой выделяется меньше $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что видно из уравнения реакции:



На основании физико-химических исследований установлено, что гидросиликат кальция $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ образуется при полной гидратации чистого трехкальциевого силиката в равновесии с насыщенным раствором гидроксида кальция. Показано, что молярное соотношение $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ в гидросиликатах, образующихся в цементном тесте, может изменяться в зависимости от состава материала, условий твердения и других обстоятельств.

Проведенные физико-химические и физико-механические исследования показали, что процесс твердения микрокремнезема способствует образованию низкоосновных силикатов кальция в рунные сроки твердения, что приводит к повышению прочности цементного камня.

Исследование влияния микрокремнезема на структурообразование цементных минералов изучены в образцах, полученных методом перемешивания цемента и микрокремнезема в лабораторном миксере.

Для изучения влияния микрокремнезема на прочностные характеристики из разработанных композиционных вяжущих готовились стандартные образцы размером $4 \times 4 \times 16$ см из теста нормальной плотности.

Влияние составляющих облегченного цемента на реологические и на физико-механические свойства изучали в соответствии ГОСТ 34532-2019. На основе результатов анализа современных литературных источников и полученных нами экспериментальных

результатов разработаны научно-методические принципы технологии получения облегченного цемента микро-кремнезёмной композиции, которые приведены на рис. 1.



Рис. 1. Научно-методические принципы технологии получения облегченного, тампонажного цемента на основе цементно-микрокремнеземистой композиции.

Выводы. Таким образом можно отметить, что технология производства облегченного, тампонажного цемента, применяемый в нефтегазовой промышленности для цементирования нефтегазовых скважин состоит из следующих технологических циклов:

- доставка исходных материалов;
- дозировка материалов, согласно разработанного состава;
- перемешивание и гомогенизация от дозированных компонентов и получение облегченных, тампонажных цементов;
- анализ качества облегченного, тампонажного цемента;
- упаковка и отправка на буровую площадку для цементирования скважин и крепления стен нефтегазовых скважин в процессе бурения.

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ АНГРЕНСКОЙ ТЭС

Хамдамова Ч.Х., Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Абед Н.С.

Государственное учреждение «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ им. Ислама Каримова

Аннотация. В статье рассмотрены современные способы переработки золы, образующейся при сжигании энергетических углей на тепловых электростанциях. Особое внимание уделено комплексной технологии извлечения железа, цветных, редких и редкоземельных металлов с применением магнитной, гравитационной и металлургической переработки. Показана возможность использования золошлаковых отходов в качестве ценного вторичного минерального сырья для получения металлопродуктов, соединений алюминия и концентратов редких металлов. Рассмотрены химические свойства основных компонентов золы и факторы, определяющие эффективность их извлечения.

Ключевые слова: энергетические угли, зола, золошлаковые отходы, магнитная сепарация, гравитационное обогащение, редкие металлы, редкоземельные элементы, алюминий.

Введение. Ежегодно на тепловых электростанциях мира образуются миллионы тонн золошлаковых отходов, являющихся одним из наиболее распространенных видов

техногенного минерального сырья. Накопление золы в отвалах приводит к отчуждению значительных земельных ресурсов, загрязнению атмосферного воздуха, поверхностных и

подземных вод. Вместе с тем зола представляет собой ценный источник многих полезных компонентов, включая железо, алюминий, титан, галлий, скандий, цирконий, иттрий, лантан и другие элементы [1].

Современные исследования показывают, что значительная часть компонентов золы находится в химически активной аморфной фазе, что делает возможным их эффективное извлечение различными физико-химическими методами [2].

В связи с этим разработка комплексных технологий переработки золы энергетических углей является актуальной научно-технической задачей, направленной на повышение эффективности использования природных ресурсов и снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Результаты исследования и их обсуждение. Одним из перспективных способов переработки золы является комплексная технология, основанная на последовательном применении магнитного, гравитационного и металлургического обогащения. На первом этапе вся масса золы подвергается магнитной сепарации в слабых и сильных магнитных полях. В результате выделяются магнитные продукты, обогащенные железом и редкими металлами. После удаления магнитной фракции содержание железа в оставшейся немагнитной части снижается до 3–5 %. Следующим этапом является гравитационная сепарация

немагнитной фракции, позволяющая дополнительно выделить концентрат, содержащий повышенные количества цветных, редких и редкоземельных металлов. Полученная фракция составляет около 10–20 % от общей массы золы и направляется на металлургическую переработку.

Металлургическая переработка осуществляется методом электроплавки. В результате образуются металлопродукт, шлак и возгоны. Металлопродукт содержит около 96 % железа и до 3 % углерода, а также титан и редкие металлы. Такой материал может использоваться в качестве сырья для производства легированных сталей.

В процессе плавки летучие компоненты концентрируются в возгонах, из которых возможно извлечение галлия. Образующийся шлак подвергается выщелачиванию с последующим выделением ценных компонентов методами сорбции и экстракции. Из растворов получают концентраты скандия, циркония, иттрия и лантана.

Химический состав золы Ангрениских углей составляет из SiO₂ (диоксид кремния) 45–60%, Al₂O₃ (оксид алюминия) 15–30%, Fe₂O₃ (оксид железа) 5–15%, CaO (оксид кальция) 2–10%, MgO (оксид магния) 1–5%, TiO₂ и другие компоненты 1–3%, несгоревший углерод 1–8 [3].

Основные способы переработки золы и золошлаковых отходов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные способы переработки золы и золошлаковых отходов

№	Способ переработки	Сущность метода	Получаемая продукция	Преимущества
1	Использование в производстве цемента	Замещение части клинкера золой-уносом	Цемент, сухие строительные смеси	Снижение себестоимости и расхода сырья
2	Производство бетонов	Введение золы в бетонные смеси	Бетонные изделия, ЖБИ	Повышение прочности и долговечности
3	Изготовление кирпича и керамики	Добавление золы в шихту	Кирпич керамические блоки	Снижение расхода глины
4	Производство газобетона	Использование золы как кремнеземистого компонента	Газобетонные блоки	Улучшение теплоизоляционных свойств
5	Дорожное строительство	Применение золошлаковых смесей в основаниях дорог	Дорожные насыпи и покрытия	Экономия природных материалов
6	Извлечение ценных компонентов	Магнитная и химическая сепарация	Железный концентрат, алюмосиликаты	Получение дополнительной продукции
7	Рекультивация земель	Использование золошлаков для заполнения карьеров	Рекультивированные территории	Улучшение экологической ситуации

Эффективность переработки золы определяется особенностями химического состава и формами нахождения отдельных элементов. Основные золообразующие элементы представлены кремнием, алюминием, железом, кальцием и другими компонентами, значительная часть которых входит в состав аморфной фазы.

Аморфная фаза характеризуется повышенной реакционной способностью по сравнению с кристаллическими минералами. Благодаря этому многие компоненты легко выщелачиваются растворами минеральных кислот или щелочей при повышенных температурах. Микрофотограмма локального участка и баланс элементов в исходном ЗШО приведены в табл.1 и рис.1.

Таблица 1

Микрофотограмма локального участка и баланс элементов в исходном ЗШО

Элемент	Тип линии	Условная концентрация	Отношение k	Вес. %	Название эталона
O	К серия	0.28	0.00095	49.15	SiO ₂
Fe	К серия	0.14	0.00100	3.05	Fe ₂ O ₃
Al	К серия	0.14	0.00100	19.06	Al ₂ O ₃
Si	К серия	0.14	0.00113	28.73	SiO ₂
Сумма:				100.00	

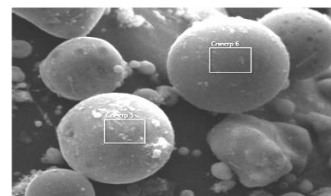


Рис. 1. ЭДС исходного ЗШО (в углу приведены вес % фаз, содержащих в своем составе указанные элементы)

Микрокомпоненты золы, представленные редкими, редкоземельными и цветными металлами, обычно находятся в химически более активных формах. Это позволяет эффективно извлекать их гидromеталлургическими методами с использованием кислотных или щелочных растворов.

Технология переработки немагнитной фракции золы (70-90 % массы) включает спекание золы с содой и известняком, выщелачивание спека, выделение активированного гидроксида алюминия карбонизацией растворов и последующее растворение его в соляной кислоте с получением оксихлорида алюминия.

Таким образом, что золошлаковые отходы Ангреновской ТЭС представляют собой ценное техногенное сырье, пригодное для производства строительных материалов, дорожного строительства и извлечения полезных компонентов. Комплексная переработка позволяет одновременно решать экологические проблемы золоотвалов и получать экономическую выгоду за счет вовлечения отходов во вторичный хозяйственный оборот.

Заключение. Проведенный анализ современных технологий переработки золы энергетических углей позволяет сделать следующие выводы: реакционная активность

основных золообразующих элементов определяется присутствием аморфной фазы, компоненты которой эффективно выщелачиваются растворами сильных минеральных кислот и щелочей при повышенных температурах. Извлечение основных золообразующих элементов из золы осуществляется преимущественно пирометаллургическими методами с предварительным концентрированием полезных компонентов посредством магнитной, гравитационной и электрической сепарации. Соединения редких, редкоземельных и цветных металлов обладают более высокой химической активностью, что обеспечивает возможность их эффективного извлечения гидromеталлургическими методами. Комплексная переработка золошлаковых отходов позволяет получать широкий спектр товарной продукции: железосодержащие материалы, концентраты редких и редкоземельных металлов, соединения алюминия и другие ценные продукты. Вовлечение золы энергетических углей в промышленную переработку способствует рациональному использованию природных ресурсов, снижению экологической нагрузки и повышению экономической эффективности работы тепловых электростанций.

Список использованной литературы

1. Сулова Е.П., Перциков И.З. Гидролитическая устойчивость соединений тяжелых металлов в зольных уносах ТЭС. //Хим. тв. топл. – 1990. - № 5. С. 104 – 106.
2. Гужелев Э.П., Усманский Ю.Т. Рациональное применение золы ТЭЦ: Результаты научно-практических исследований. Омск.: Омский гос. ун-т, 1998. – 238 с.
3. Леонов СБ., Никольская Н.И., Власова В.В. Золо ТЭЦ - возможное сырье для получения железных концентратов//Знания в практику,- Иркутск: ИрГТУ, 1999.-С 6-9.

Шернаев А.Н, Негматов С.С., Усенова Г.С., Гулямов Г. Методология исследования структуры и триботехнических характеристик антифрикционных древесно-полимерных композитов	54
Xusanov N.A., Rajerova M. Kesuvchi materiallarga vakuumda CVD va PVD usulida qoplama qoplash texnologiyasi	56
Berdiyev Sh.A., Cho‘lliyev Z.F., Hamdamov D.H. Detallarni azotlash so‘ngra oksidlash bilan kompozit nitrid-oksidi qoplamalarini olish usuli	58
Mardanova Y.O’., Kamalova D.I., Abed N.S. Yarim elektr o‘tkazuvchi kompozitsion polimer materiallarning elektr o‘tkazuvchanlikning xossalari tadqiq etish	60
Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р. Табиий сапропел минералини механик майдаланиш даражасининг поралар умумий ҳажми ўзгаришига таъсири	63

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н. Исследование и разработка технологии получения композиционных полипропиленовых материалов и колковых деталей из них для применения в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов	65
Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И. Разработка научно-методических принципов и инновационной технологии получения композиционных химических ингибиторов на основе местного сырья и отходов производств..	68
Inog‘omov S.Y., Asrorov U.A. Natriy–karboksimetiltellyuloza va poliakrilamid asosida interpolimer kompleksini olinish texnologiyasi	70
Бердиев Ш.И., Эркабаев Ф.И., Абдулакимов И.Ф., Шокиров А.П., Эсанбаев Ф.И. Получение Н-пермутита	73
Талипов Н.Х., Панжиев О.Х., Салимова С.А., Абед Н.С., Икрамова М.Э. Разработка технологии получения тампонажных композиционных материалов на основе местного сырья и отходов производств, и растворов из них	76
Хамдамова Ч.Х., Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Абед Н.С. Способы переработки золы от сжигания энергетических углей и перспективы комплексного использования золошлаковых отходов Ангренской ТЭС	77
Xasanova S.X., Shamanov Sh.X. Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan kompozitsion kalavani bo‘yash jarayonini tadqiq etish	80
Эшдавлатова Г.Э., Исмаилова Х.Дж. Эффективность работы пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтанолamina	82
Негматов С.С., Эрниеков Н.Б., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Раупова Д.Н. О развитии металлургической промышленности в области извлечения цветных, благородных и редких металлов	86
Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Уктамова Ф.А., Уктамова З.А. Исследование изотермических закономерностей адсорбционного процесса в композиционных сорбентах	91
Умиров Ф.Э., Шодиева М.С., Номозова Г.Р. Получение дефолианта на основе хлората магния, содержащего поверхностно-активные вещества	94
Джумаева М.С. Физико-химические основы крашения хлопчатобумажной тканей растворами металлокомплексными соединениями	96
Qoraboyeva N.M., Gafurova D.A., Qurbonov H.G., Ikramova S.M., Rustamov M.K. Xlorlangan polivinilxlorid asosida anionitning olinishi	99

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И. Исследование физико-химических свойств органоминеральных ингредиентов на основе местного сырья и отходов производств и разработка эффективных составов композиционных ингибиторов, применяемых для защиты от коррозии рабочих органов испытательных машин и механизмов, используемых в процессе оценки эффективности нефтегазовых скважин.....	104
--	-----