Администрация Кемеровской области

Администрация г. Новокузнецка

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский государственный
индустриальный университет»

Кемеровское региональное отделение
Российской экологической академии

НП «Экологический региональный Центр»

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ – ОСНОВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В КУЗБАССЕ

Сборник докладов
второй Международной
научно-практической конференции

Новокузнецк
2008

УДК 658.567.1: 504.064
ББК30.69

Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе : сб. докладов второй Международной научно-практической конференции / под ред. Е.В. Протопопова, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2008. – 274 с.: ил.

Редакционная коллегия: канд.хим.наук, проф., ректор, д.ч. МАНЭБ Кулагин Н.М., СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. МАНВШ, д.ч. РАИН Кулаков С.М., СибГИУ; д.т.н., проф., а. РЭА, чл-корр. МАЭИН Протопопов Е.В. (главный редактор), СибГИУ; к.т.н., чл.-корр. РЭА, Волынкина Е.П. (ответственный секретарь), СибГИУ; д.т.н., проф., а. РЭА Иванов В.В., КРО РЭА; к.т.н., Коротков С.Г., СибГИУ; д.т.н., проф., д.ч. МАНЭБ Медиокритский Е.Л., Представительство МАНЭБ в Польше.

Изложены результаты научных исследований и практического опыта в области управления отходами, эколого-экономические, нормативно-правовые, санитарно-гигиенические и социальные аспекты обращения с отходами, новые технологии обезвреживания и переработки отходов.

Ориентирован на широкий круг инженерно-технических работников, экологов, научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов.

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2008

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

УДК

КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОПАРКА О РАЗВИТИИ ОТРАСЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В КУЗБАССЕ

ПРОШУНИН Ю.Е., ВОЛЫНКИНА Е.П.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

«Кузбасский технопарк» создан в июле 2007 г. В августе 2008 г. создана структура технопарка на юге Кузбасса – «Кузбасский технопарк». В сентябре 2008 г. подписаны соглашения о сотрудничестве между Технопарком и Администрацией г. Новокузнецка и Технопарком и ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет».

ОАО «Кузбасский Технопарк» включено в федеральную программу создания Технопарков, согласно которой из федерального бюджета будет выделено финансирование для подготовки отведенных под строительство технопарка земельных участков. В настоящее время запланированы две площадки для строительства недвижимости в Кемерово, найден инвестор, необходимо форсировать подготовку необходимой документации, оформление прав на землю и собственно процедуру строительства. По поручению департамента экономического развития Кемеровской области ведутся переговоры об организации аналогичной площадки на юге Кузбасса с администрацией Новокузнецка, осуществляется поиск инвесторов. Перспективным представляется вариант использования на первом этапе (до сооружения площадки) для Новокузнецкого филиала Технопарка старого корпуса СибГИУ (ул. Рудокопровая, 49), где имеются офисные и лабораторные помещения.

Основная задача Технопарка – эффективная реализация, коммерциализация научного потенциала научно-технического и образовательного комплекса региона. Технопарк – это организация, в которой необходимо соединить науку, образование и бизнес, а идею, научное открытие превратить в конкурентоспособную продукцию, товар. Фактически он должен представлять собой полноценный научно-исследовательский институт, включающий в себя научно-исследовательское и проектное подразделение, централизованную бухгалтерию, планово-финансовый, юридический и маркетинговый отделы.

Особенностью Технопарка является наличие двух принципиально разных направлений деятельности – управления инновациями и управления недвижимостью. Бизнес-единица «Инновационные проекты» будет управлять инновационной деятельностью Технопарка. Одним из основных ее элементов станет бизнес-инкубатор – структура, предназначенная для поддержки малых предприятий, находящихся на начальных стадиях своего развития, путем создания для них благоприятных условий, предоставления им офисных площадей, финансовых, информационных и других ресурсов, создания новых компаний, которые смогут самостоятельно развиваться после выхода из инкубатора. Бизнес-единица «Недвижимость» будет осуществлять строительство и управление объектами недвижимости: офисными зданиями, жилыми и гостиничными помещениями, торгово-развлекательными объектами и объектами инфраструктуры (научно-исследовательский центр, конференц-холл, компьютерный центр и библиотека и т. д.). Объекты недвижимости создаются не только как необходимая инфраструктура для стимулирования инновационной активности, но и как источник покрытия затрат на инновационную деятельность.

Очень важным для авторитета и успешной работы ОАО «Кузбасский Технопарк» является скорейшее успешное внедрение нескольких серьезных научно-производственных проектов. Основными организационными задачами ОАО «Кузбасский Технопарк» на первом этапе является текущая деятельность: создание венчурного фонда, наладка документооборота и взаимодействия с инвесторами, резидентами, научными, образовательными, проектными и другими организациями, утверждение льгот и преференций в качестве одного из основных инструментов привлечения компаний-резидентов.

В качестве одного из направлений специализации «Кузбасского технопарка» определена переработка техногенных и вторичных ресурсов.

Кузбасс занимает первое место в России по количеству образующихся отходов: 1,3 млрд. т в год при общем образовании в России 2,1 млрд. т. Основной объем отходов обусловлен деятельностью предприятий горнодобывающей промышленности, преимущественно угледобывающей, значительное количество отходов образуется на предприятиях черной и цветной металлургии, энергетики, химической промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Интенсификация добычи и переработки полезных ископаемых в регионе приведет к дальнейшему наращиванию количества образующихся отходов. Значительная масса отходов не

перерабатывается и складируется в отвалах, свалках, шламо- и хвостохранилищах, оказывая колоссальное негативное воздействие на окружающую среду. На территории области зарегистрировано около 3000 объектов размещения отходов, занимающих площадь более 40 тыс. га.

В то же время, отходы могут стать основой для создания и развития в Кузбассе новой отходоперерабатывающей отрасли, которая является инновационной.

Значительная часть отходов представляет собой техногенные или вторичные ресурсы, нередко успешно конкурирующие с природными. На их основе могут быть получены совершенно новые виды продукции, обладающие такими качественными характеристиками, которые до сих пор невозможно было достичь. Для переработки отходов должна быть создана новая специализированная техника и оборудование. В связи с постоянно ужесточающимся природоохранным законодательством не менее бурно развивается направление обезвреживания токсичных отходов и услуги обезвреживания стоят все дороже. В рамках отрасли должны развиваться направления производства специального транспорта для перевозки различных типов отходов, специализированных емкостей для их хранения, геосинтетических материалов для укрытия полигонов и т.д. Таким образом, эта отрасль является инновационной и привлекательной для бизнеса.

Развитие отрасли управления отходами повлечет за собой образование и развитие смежных предприятий, производящих оборудование или проектирующих новые производства. Все это актуально и имеет особенно большое значение для нашего региона в условиях стратегии диверсификации экономики. Было бы недальновидно игнорировать это новое направление деятельности человечества и не развивать эту отрасль.

Данное направление целесообразно организовать в рамках Южно-Кузбасского Технопарка в г. Новокузнецке. Во-первых, в Новокузнецке образуется и складируется значительная масса отходов широкого спектра – черной и цветной металлургии, энергетики и др. Во-вторых, на базе старейшего в регионе технического вуза – СибГИУ накоплен значительный опыт и создан развитый научно-образовательный комплекс в области переработки отходов. С 2003 г. на базе кафедры теплофизики и промышленной экологии СибГИУ впервые в России начата подготовка инженеров в области переработки техногенных и вторичных ресурсов (специальность «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов», специализация «Переработка комплексного природного и техногенного сырья»). В рамках развития данной

специальности в СибГИУ создана научно-исследовательская лаборатория техногенных и вторичных ресурсов, оснащенная необходимым оборудованием для исследования свойств отходов и продуктов на их основе, на базе которой ведутся исследования и разрабатываются новые технологии. В 2007 г. по научной специальности «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов» защищена докторская диссертация по теме «Развитие концепции управления отходами и разработка методологии ее реализации на металлургическом предприятии», что позволило основать новую научную школу в данной области. В настоящее время к защите по данному направлению готовится еще одна докторская и 3 кандидатских диссертации. С 2005 г. на базе СибГИУ проводится международная научно-практическая конференция «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе», на которой представляются разработки в области эколого-экономических, нормативно-правовых, санитарно-гигиенических, социальных аспектов обращения с отходами, технические разработки в области сбора, транспортировки, разделения, обезвреживания, переработки отходов.

В г. Новокузнецке успешно функционируют 2 инновационных малых предприятия, специализирующиеся на разработке и практической реализации новых технологии переработки отходов – ООО «Экологический региональный центр» и ФГУП «Научно-производственный центр «Экотехника».

ООО «Экологический региональный центр» владеет земельным участком, где построены три производственных здания. Предприятие имеет лицензию на деятельность по сбору, транспортировке, использованию и обезвреживанию 68 видов опасных отходов. С 2005 года функционирует опытно-промышленная мусоросортировочная установка. В 2006 г. запущена установка по переработке древесных отходов в декоративную мульчу. В 2007 г. открыта новая производственная площадка в г. Кемерово и получен кредит Администрации Кемеровской области на создание установки по переработке отходов полимеров. В рамках программы поддержки малых предприятий в научно-технической сфере, реализуемой Правительством РФ, предприятие получило статус инновационного малого предприятия и реализует инновационный проект по созданию новых видов синтетических флюсов для металлургии на основе отходов алюминиевого производства.

Кроме этого группой ученых СибГИУ, сотрудников Экологического регионального центра и ЗСМК разработан и внедрен в производство ряд технологий, обеспечивающих использование

горючих отходов в качестве альтернативных энергоносителей в конвертерном производстве (отработанные автомобильные покрышки, горючие компоненты твердых бытовых отходов), в настоящее время эти работы продолжаются в направлении термического обезвреживания в конвертерах некоторых групп медицинских отходов. Эти разработки позволили практически без капитальных вложений, начиная с 2001 г., решить проблему утилизации автопокрышек в Новокузнецке, в то время как она до сих пор не решена практически на всей территории России. Технологии конвертерной плавки с использованием фторуглеродистых отходов алюминиевой промышленности и отработанных автомобильных покрышек являются лауреатами регионального конкурса «Инновации и изобретения года» в 2005 и 2006 гг. В 2004 г. технология переработки отработанных автопокрышек в кислородных конвертерах признана лауреатом конкурса «Национальная экологическая премия» в номинации «Экология города» за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России.

В Новокузнецке впервые в регионе проведены исследования влияния объектов размещения отходов на загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы, разработана технология извлечения и утилизации свалочного газа с Центральной свалки ТБО. В настоящее время эта работа продолжается в рамках гранта международного фонда «Metan to markets» в направлении проведения исследований и оценки потенциала метансодержащего газа на свалках Кемеровской области с целью выбора объектов, рентабельных для организации системы его извлечения, и их включения в международный банк данных для реализации в рамках Киотского протокола.

Сотрудниками СибГИУ и Экологического центра разработана технология рекультивации промышленных отвалов с использованием отходов от очистки сточных вод (ОСВ), позволяющая решить одновременно две актуальные экологические проблемы – обезвредить ОСВ и озеленить отвалы. Данная технология прошла широкомасштабные промышленные испытания в условиях хвостохранилища Абагурской аглофабрики и шламохранилища ОАО «ЗСМК», имеет положительное санитарно-эпидемиологическое заключение и положительное заключение государственной экологической экспертизы.

ФГУП «Научно-производственный центр «Экотехника» занимается разработкой технологических регламентов, рабочих проектов и сдачей «под ключ» установок приготовления и сжигания

суспензионных угольных топлив, продуктов переработки угля, угольных шламов, отходов флотации, а также древесных отходов, отходов сельскохозяйственного производства, иловых осадков, брикетирования угля и различных углеродсодержащих материалов.

Фактически, каждое из этих предприятий является в какой-то мере прообразом Технопарка в миниатюре, осуществляя полный цикл капитализации интеллектуальной собственности от первоначальной идеи до разработки технологии, ее обозначения и защиты, продажи и внедрения в производство готового продукта.

Таким образом, если технопарк – это центр сотрудничества государства, науки и образования, инвесторов и общества, то в г. Новокузнецке уже имеется научная, образовательная и производственная база и значительный задел для его создания по специализации «Обезвреживание и переработка техногенных и вторичных ресурсов». Такой технопарк станет очагом зарождения и развития новой отрасли промышленности в Кузбассе – отрасли управления отходами.

Проведение в Новокузнецке на базе СибГИУ уже во второй раз международной конференции «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе» свидетельствует о наличии активного научного и производственного потенциала в регионе, который может решить проблему отходов в Кузбассе, превратив ее в основу для бизнеса нового типа – инновационного и экологически ориентированного. И Кузбасский технопарк примет в этом самое активное участие.

УДК

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

ВОЛЫНКИНА Е.П.

Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

К концу XX века в мире возникло новое направление человеческой деятельности, которое в мировой практике получило название «Waste Management», или «управление отходами». Хотя появление и бурное развитие этого вида деятельности прошло менее заметно, чем, например, информатики, это событие можно назвать революционным, обозначающим скачок на новую ступень сознания.

Термин «управление отходами» в сложившейся мировой практике

обозначает организацию обращения с отходами с целью снижения их влияния на здоровье человека и состояние окружающей среды, а «обращение с отходами» определяется как «деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов».

Первым законодательным документом в области управления отходами является Директива Европейского Союза 75/442/ЕЭС от 15 июля 1975 г., в которой впервые были сформулированы и законодательно закреплены принципы обращения с отходами – так называемая Иерархия управления отходами (рисунок 1).

Рисунок 1 – Схема Иерархии управления отходами

Иерархия управления отходами – универсальная модель обращения с любым видом отходов – представляет собой классификацию действий с отходами по степени их приоритетности и построена на следующих принципах:

1) предотвращение или снижение образования отходов;

2) разделение отходов у источника их образования;

3) вторичное использование отходов путем возврата в производственный процесс;

4) рециклинг – обработка отходов с целью получения из них новых видов сырья или продукции;

5) обезвреживание отходов с целью снижения их опасности для природной среды;

6) захоронение отходов – наименее предпочтительная альтернатива управления отходами.

В 1996 г. странами-членами ЕС был принят основной

программный документ в области обращения с отходами «Стратегия управления отходами ЕС», послужившая основой для принятия аналогичных законодательных документов во всех европейских странах. В соответствии с принятой 22 июля 2002 г. VI Экологической программой ЕС управление отходами относится к одной из четырех приоритетных областей деятельности европейских стран в области охраны окружающей среды.

Принципы Иерархии управления отходами законодательно закреплены на международном уровне на Международной конференции по устойчивому развитию в Йоханнесбурге в сентябре 2002 г., на которой совершенствование системы управления отходами было признано главной проблемой в области охраны окружающей среды. На конференции было подчеркнуто, что основной стратегической целью мирового сообщества на пути к устойчивому развитию является разрушение связи между экономическим ростом, использованием ресурсов и образованием отходов.

Законодательно закрепленная в рамках вначале европейского, а потом и международного права, Иерархия управления отходами послужила толчком к возникновению и бурному развитию новой отрасли – отрасли управления отходами, называемой отраслью XXI века, которая привела к перевороту в области обращения со всеми видами антропогенных отходов. Во всех развитых странах количество образующихся отходов неуклонно сокращается, доля перерабатываемых отходов возрастает, а доля отходов, размещаемых в природных средах, приближается к нулю. Только в ЕС оборот новой отрасли приблизился в 2005 г. к 100 млрд. евро, а количество созданных рабочих мест – к 3,5 млн. [1].

Необходимость организации управления отходами возникла вследствие конфликта между производственной деятельностью человека и окружающей природной средой, приведшего к нарушению устойчивости биосферы. Поэтому возникновение этого направления деятельности человека не случайно и может быть рассмотрено как следствие естественной эволюции биосферы на пути ее перехода на новый этап развития – ноосферу, предполагающий разумное регулирование отношений между человеком и природой.

В соответствии с теорией В.И. Вернадского производственная деятельность человека является частью биосферы, а создаваемая им техника – не нечто чуждое биосфере, а качественно новый этап ее развития [2]. Биосфера представляет собой глобальную земную экологическую систему, состоящую из множества разнообразных экосистем. Создаваемые человеком машины, предприятия, отрасли и

т.д. также являются частью биосферы и могут быть определены как техногенные экосистемы, или техноэкосистемы.

В то время как в природных экосистемах происходят биологические процессы, в техноэкосистемах наряду с естественными биологическими реализуются производственные технологические процессы. Экосистемы создаются в ходе эволюции биосферы, техноэкосистемы формируются человеком также в результате его эволюции и эволюции биосферы, частью которой он является.

Однако эволюция экосистем не нарушает сбалансированности материальных и энергетических потоков между живыми организмами и окружающей средой. Как писал В.И. Вернадский, «между косной безжизненной частью биосферы, ее косными природными телами и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости равновесием» [3]. Развитие же техноэкосистем по выражению Вернадского «со скоростью, сравнимой с размножением в геометрической прогрессии» привело к концу второго тысячелетия к колоссальному нарушению сбалансированности материальных и энергетических потоков между ними и окружающей средой, следствием чего стало возрастающее увеличение давления на биосферу, выход ее из устойчивого равновесного состояния, разрушение природных экосистем, локальные и глобальные экологические катастрофы.

Так как в соответствии с теорией В.И. Вернадского человечество не может остановиться в своем движении, а «ход научной мысли в создании машин аналогичен ходу размножения организмов», прекратить создание и развитие техноэкосистем невозможно, но необходимо обеспечить их безопасное для биосферы развитие. И повсеместно рядом с собой человек может наблюдать совершенные образцы такого развития – природные экосистемы.

Экологическая система – это пространственно определенная совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных материально-энергетическими и информационными воздействиями [4]. В природной экосистеме материальные и энергетические потоки используются с максимальной эффективностью, а образующееся минимально возможное количество отходов подвергается эффективному рециклингу, что обеспечивает ее максимальную замкнутость. Однако в природе не существует полностью изолированных систем и часть образующихся в природных экосистемах

отходов поступает в окружающую среду, где происходит их накопление. Но, для обезвреживания этих отходов существуют природные механизмы, что обеспечивает их безопасность для окружающей среды, а, заключенные в накопленных отходах вещества и энергия захоронены в недрах Земли и не нарушают устойчивости биосферы. Как отмечал Вернадский, экосистемы обладают особой организованностью, находящейся в непрерывном становлении, в движении всех ее самых мельчайших материальных и энергетических частиц, и обеспечивающей устойчивость биосферы. Каждая природная система представляет собой упорядоченную саморегулирующуюся систему [5]. Можно сказать, что внутри природных экосистем действует система управления, обеспечивающая их самоорганизацию и эволюционное развитие, не нарушающее устойчивости биосферы.

Управление отходами, образующимися в результате жизнедеятельности живых организмов, населяющих данную экосистему, рассмотрено нами как часть общей системы управления природной экосистемой. Управление отходами экосистем является по сути управлением материальными и энергетическими потоками путем информационного взаимодействия между компонентами экосистемы – ее отдельными ячейками – и окружающей средой, обеспечивающего самоорганизацию экосистемы и ее устойчивое развитие. Наличие такой системы управления обуславливает способность экосистем в ходе эволюционного развития увеличивать концентрацию информации или степень своей организованности [6]. И чем выше уровень информации, тем выше степень использования материальных и энергетических потоков. Как отмечает Р. Маргалеф, «жизнь отдает предпочтение информации перед потоком энергии» [7].

Техноэкосистема может быть определена как пространственно определенная совокупность производственных компонентов (ячеек), которыми являются производственные участки, цехи, предприятия и т.д., и живых организмов, объединенных единой средой существования. Техноэкосистемой является и любой населенный пункт, так как на его территории осуществляется производственная деятельность человека. Внутри техноэкосистемы реализуются производственные процессы, являющиеся источниками образования отходов, а также процессы сбора, транспортировки, переработки, обезвреживания или захоронения образующихся отходов. В техноэкосистемах как и в природных экосистемах материальные и энергетические потоки транспортируются между компонентами и в окружающую среду и существует система информационных связей между ними (рисунок 2). Отличием техноэкосистем от природных экосистем является неразвитость

информационных потоков между ее компонентами и окружающей средой, регулирующих материальный и энергетический обмен между ними таким образом, чтобы обеспечить замкнутость круговорота природных ресурсов и сохранение устойчивого динамичного равновесия биосферы. Низкий уровень информации в техноэкосистемах обуславливает низкую степень их организованности и соответственно высокий уровень транспортируемых материальных и энергетических потоков.

Человек научился использовать накопленные отходы природных экосистем (горючие и минеральные полезные ископаемые) и таким образом включился в материальный и энергетический круговорот в биосфере, значительно ускоряя его. При этом аналогично экосистеме, стремящейся наращивать производство биомассы в геометрической прогрессии, человек стремится увеличить количество продукции, производимой в техноэкосистемах. В результате производственной деятельности человека из недр земли изымаются все увеличивающиеся массы неорганического и органического вещества, обладающие огромным запасом энергии, и такие же огромные массы твердых, жидких и газообразных отходов выбрасываются в биосферу. В то время как накопление отходов в природных экосистемах происходило в течение миллионов лет и не нарушало их устойчивости, выброс огромной массы отходов в биосферу из техноэкосистем происходит очень быстро, природные механизмы не успевают их обезвредить. Множество отходов содержит супертоксичные вещества, синтезированные человеком, и природные экосистемы просто не знают способов их обезвреживания.

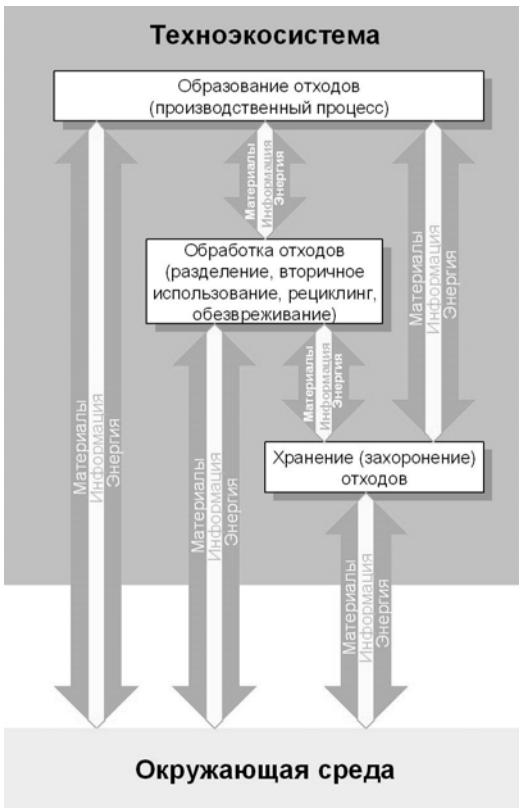


Рисунок 2 – Схема взаимодействия между компонентами техноэкосистемы и окружающей средой

Устойчивость биосферы в условиях прогрессирующего развития техноэкосистем может быть обеспечена только в том случае, если они будут организованы аналогично природным экосистемам. Организация техноэкосистем по аналогии с природными экосистемами является шагом из биосферы в ноосферу, обеспечивающим их устойчивое эволюционное развитие.

Основные принципы организации техноэкосистем могут быть сформулированы следующим образом:

– управление материальными и энергетическими потоками между компонентами техноэкосистемы и окружающей средой должно быть организовано таким образом, чтобы количество транспортируемых материалов и энергии, а, следовательно, и количество образующихся отходов, постоянно снижалось, приближаясь к минимально необходимому для каждого конкретного технологического процесса;

– образующееся в результате производственных процессов минимально возможное количество отходов подвергается рециклингу в своей техноэкосистеме, обеспечивая ее максимальную замкнутость, или при невозможности этого в соседних техноэкосистемах, включая их в материальный и энергетический круговорот в биосфере;

– выводимые из техноэкосистемы отходы перед попаданием в

природные экосистемы должны быть переведены в привычную для данных экосистем форму;

– размещение отходов техноэкосистем в природных экосистемах должно быть организовано таким образом, чтобы не нарушать существующее динамическое равновесие экосистем.

Выполнение этих принципов обеспечит не только устойчивость биосферы, но и будет способствовать устойчивому развитию самих техноэкосистем, обеспечивая минимизацию материальных, энергетических, а значит и финансовых ресурсов. В рамках данного подхода используемая в международной практике Иерархия управления отходами может быть рассмотрена как первая попытка человечества организовать техноэкосистемы по аналогии с природными.

Система управления отходами является частью общей системы управления техноэкосистемой и должна ее организовать аналогично природным экосистемам в соответствии с перечисленными выше принципами. Система управления отходами техноэкосистемы может быть определена как система информационного взаимодействия между ее компонентами и окружающей средой, осуществляющая управление материальными и энергетическими потоками и обеспечивающая самоорганизацию техноэкосистемы и ее устойчивое развитие при сохранении устойчивости биосферы. В ходе эволюционного развития саморегулирующаяся техноэкосистема будет увеличивать концентрацию информации или степень своей организованности, повышать степень использования и снижать количество транспортируемых материальных и энергетических потоков между техноэкосистемой и окружающей средой.

Объектами системы управления отходами являются компоненты техноэкосистемы, образующие отходы или участвующие в процессах последующего обращения с ними (сбор, транспортировка, переработка, обезвреживание, захоронение отходов).

Задачей системы управления отходами техноэкосистемы является организация управления материально-энергетическими потоками между ее компонентами и окружающей средой. Цель системы управления отходами - постепенное снижение количества транспортируемых материалов и энергии. Способ достижения цели – информационное взаимодействие между компонентами техноэкосистемы и окружающей средой. Система управления отходами должна организовать техноэкосистему таким образом, чтобы она в своем эволюционном развитии всегда стремилась к устойчивому равновесию с окружающими ее природными экосистемами. Реализация

системы управления отходами обеспечивает постепенное приближение техноэкосистем к природным, то есть переход отношений между техноэкосистемами и окружающей средой от неустойчивого состояния к устойчивому.

Библиографический список

1. Putz H.-J. Final fate of residues from the German recovered paper processing industry [Текст] / H.-J. Putz, U. Hamm, S. Schabel // 7 Research Forum on Recycling, Quebec City, Sept. 27-29. 2004. – PARTAC. - 2004. - С. 239 - 244.
2. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера [Текст]. – М. : Айрекс-Пресс, 2003. – 576 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера / Избр.соч. Т.5. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 540 с.
4. Стадницкий Г.В. Экология : учеб. пособ. / Г.В. Стадницкий, В.И. Родионов. – М.: Высшая школа, 1988. – 272 с.
5. Поздняков А.В. Концептуальные основы решения проблемы устойчивого развития [Текст]. – Томск: ТНЦ СО РАН, 1995. – 150 с.
6. Зилов В.Г. Элементы информационной биологии и медицины [Текст] / В.Г. Зилов, К.В. Судаков, О.И. Эпштейн. – М.: МГУЛ, 2001. – 36 с.
7. Маргалеф Р. Облик биосферы [Текст]. – М.: Наука, 1992. – 215 с.

УДК 669.015.004

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В СИБИРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ИНДУСТРИАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Волынкина Е.П., Коротков С.Г.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

К началу XXI века экологические проблемы превратились в важнейшие социальные проблемы общества. Влияние производственной деятельности человека на окружающую среду приобрело такие размеры, что угрожает самому существованию человечества и всей планеты. Специалисты по глобальной экологии не сомневаются в том, что если тенденции, характерные для последних столетий, сохранятся и природоразрушительная ориентация хозяйства не сменится природоохранительной, то угроза глобальной

экологической катастрофы станет неотвратимой. На политических форумах руководителей ведущих государств мира экологические проблемы обсуждаются наравне с самыми острыми политическим и экономическими вопросами.

В 1992 г. на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро руководителями 179 государств мира была провозглашено, что основной целью развития человечества в XXI веке является устойчивое, или приемлемое для окружающей среды, хозяйствование. Основные принципы этой концепции гласят:

– темпы потребления возобновляемых ресурсов не должны превышать темпов их восстановления;

– интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна нарушать устойчивость окружающей среды;

– ресурсы должны использоваться с максимальной эффективностью.

Для государств и регионов, промышленность которых сориентирована главным образом на добычу и переработку природных ресурсов, значение экологических проблем возрастает многократно. На заседании президиума Государственного совета 4 июня 2003г. под председательством Президента В.В. Путина, на котором был рассмотрен вопрос «Об оздоровлении экологической обстановки в Российской Федерации», было отмечено, что 15 % регионов России находятся в критическом или околокритическом состоянии. На этой территории проживает 75 % всего населения России и производится 90 % всего валового продукта страны. На долю промышленности приходится более 80 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от учтенных стационарных источников. Две трети этих выбросов поступает от предприятий электроэнергетики, цветной и черной металлургии, нефтедобывающей промышленности. На заседании были названы самые загрязненные, наиболее развитые промышленные регионы – Кемеровская, Челябинская области и Красноярский край.

Кузбасс, Урал и Красноярский край – богатейшие по запасам полезных ископаемых регионы России. Интенсивная добыча и переработка сырья на местных предприятиях черной и цветной металлургии привели к колоссальному загрязнению атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы. Миллиарды тонн отходов размещаются в промышленных отвалах, шламонакопителях и свалках, уродуя и отравляя окружающую среду. Наблюдаемый в настоящее время промышленный подъем может обернуться дальнейшим обострением экологических проблем.

В Кузбассе природа заложила около 50 % отечественных запасов каменных углей, а также значительные запасы железных руд, известняка, нерудного сырья и полиметаллов. Промышленность региона сформирована в основном высокоэнерго- и ресурсоемкими отраслями: горнодобывающая, электроэнергетика, угледобыча и углепереработка, металлургия и химическая промышленность. Значительная часть извлекаемых природных ресурсов используется нерационально. Известно, что ресурсоемкость единицы ВВП в России в 2 раза выше, чем в США, и в 4 раза выше, чем в Западной Европе. Энергоемкость единицы ВВП в России также в 2 раза выше, чем в США, и более чем в 3 раза выше, чем в странах Западной Европы и Японии. Это означает, что для производства 1 т продукции в России вовлекается в 2 – 4 раза больше природных ресурсов, а неиспользуемая их часть выбрасывается в окружающую среду в виде твердых, жидких и газообразных отходов. Российские металлургические предприятия выбрасывают в атмосферу в 8 раз больше пыли, чем аналогичные предприятия в Европе и Северной Америке. Образование твердых отходов на единицу производимой продукции в 2 – 2,5 раза выше, чем на европейских металлургических предприятиях. В угледобывающей промышленности при добыче угля открытым способом на 1 т добытого угля приходится 4 – 5 т отходов.

В Кемеровской области согласно официальной статистике в последние годы ежегодно в атмосферу выбрасывается более 1,5 млн.т загрязняющих веществ, в воду – более 0,5 млн.т [1]. По данным МПР России, объем образования отходов за 2002 г. в области – наибольший среди субъектов Федерации – 1 млрд. т (всего в России – 2 млрд. т).

Наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия топливно-энергетического комплекса, металлургической и химической промышленности. Основная концентрация предприятий, на долю которых приходится 85,7 % выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, отмечается в промышленных городах – Новокузнецк, Белово, Ленинск-Кузнецкий, Кемерово, Мыски, Прокопьевск, Киселевск, Междуреченск, Осинники. Города Новокузнецк и Кемерово традиционно входят в пятерку самых загрязненных городов России. В этих же городах проживает основная часть населения области. Атмосферные условия для рассеивания выбросов в регионе крайне неблагоприятные, особенно в южной части. Котловинная форма рельефа способствует большей повторяемости штилевых ситуаций, особенно в зимнее время. Окружающие котловину горные хребты препятствуют рассеиванию загрязняющих веществ и обуславливают отражающий эффект, в результате чего основная масса

образующихся загрязнений выпадает непосредственно на территории региона. Качество воды в основном источнике водоснабжения – реке Томь не соответствует требованиям санитарных норм по ряду химических, бактериологических и вирусологических показателей. В области отмечается ежегодный рост образующихся отходов. Наибольшее их количество приходится на угольную промышленность за счет образования вскрышных пород и отходов обогащения угля – более 1 млрд.т, предприятия металлургии – более 8 млн. т, энергетики – более 1,5 млн. т и химии – около 25 тыс. т. Образующиеся неутилизируемые отходы размещаются в различного рода накопителях: шламо- и хвостохранилищах, отвалах вскрышных пород, полигонах и свалках, общая площадь которых превышает 40 тыс. га. Почва в селитебных районах не соответствует гигиеническим нормативам.

В крупнейшем промышленном центре области городе Новокузнецке по официальным данным валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу составляют около 0,5 млн. т (78 % от предприятий угольной и металлургической промышленности), сбросы в воду – свыше 70 тыс. т (45,8 % – от предприятий угольной и металлургической промышленности), промышленные отходы составляют свыше 12 млн. т (93 % – от предприятий угольной и металлургической промышленности), из которых около 6 млн. т складируется на городской территории [2]. В черте города расположено 20 действующих объектов размещения отходов производства и потребления промышленных предприятий и 1 объект размещения бытовых отходов, их общая площадь составляет 850 га. Кроме действующих на территории города размещаются отработанные, подлежащие рекультивации объекты размещения отходов. Основная масса бытовых отходов складируется на расположенной в центральной части города свалке площадью 22,5 га, высота свалочного тела которой оценивается в 44 – 45 м. В результате практически постоянного ее горения атмосферный воздух загрязняется высокотоксичными и канцерогенными веществами. Эксплуатация и содержание большинства объектов размещения отходов не отвечает природоохранным требованиям, что ведет к сверхнормативному загрязнению прилегающих территорий. Известно, что из каждого промышленного отвала в среднем ежегодно выдувается около 400 т пыли и вымывается около 8 т солей, загрязняя воздух, подземные и поверхностные воды, почву. Регион не имеет стратегии и программы управления отходами, отрасль по переработке отходов практически не развита.

В таких условиях подготовка технических специалистов с новым экологически ориентированным мировоззрением приобретает

первоочередное значение. Только приход на предприятия металлургической, горнодобывающей и других ведущих отраслей промышленности нового поколения инженеров, владеющих вопросами ресурсо- и энергосбережения, организации эффективного управления отходами, включая минимизацию образования, переработку, обезвреживание, безопасное захоронение, сможет обеспечить перелом существующей экологической ситуации в промышленно развитых российских регионах. Не случайно именно в высших учебных заведениях самых загрязненных регионов России – Урал, Кемеровская область и Красноярский край – приказом Министерства образования РФ № 4492 от 19 декабря 2002 г. открыта в экспериментальном порядке новая специальность «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов». В 2003г. эта специальность создана в Сибирском государственном индустриальном университете на базе кафедры «Теплофизики и промышленной экологии», в 2008 г. состоялся первый выпуск специалистов.

Обучение ведется по следующим направлениям:

– принципы и методы экологически безопасного развития металлургического производства, включая ресурсо- и энергосбережение;

– методы оценки ресурсов, качественных и потребительских свойств техногенных и вторичных ресурсов, технологии их подготовки к промышленному использованию;

– металлургические технологии и оборудование цехов для переработки техногенного и вторичного сырья;

– методы проектирования и создания экологически безопасных производств и полигонов для захоронения отходов;

– законодательство, нормирование, лицензирование, классификация, паспортизация, сертификация в области обращения с отходами;

– экономические и социальные аспекты создания экологически чистых производств на промышленных предприятиях, принципы формирования рынка техногенных и вторичных ресурсов.

Подготовка специалистов в сфере техногенных и вторичных ресурсов поможет металлургическим и другим промышленным предприятиям повысить эффективность своей деятельности в направлении снижения нерациональных потерь сырья и энергоресурсов, уменьшения количества выбросов и сбросов загрязняющих веществ, разработки и внедрения новых технологий переработки отходов. В последние годы растет количество документации, которую обязаны вести предприятия, осуществляющие

деятельность в сфере обращения с отходами. Расширение международного рынка продукции и повышение ее конкурентоспособности за рубежом сегодня невозможно без внедрения системы экологического управления предприятием в соответствии с международными стандартами ИСО 14000, которые включают разработку стратегических и оперативных программ снижения образования и управления отходами. В этих условиях специалисты в сфере техногенных и вторичных ресурсов необходимы как самим предприятиям, так и контролирующим их деятельность природоохранным организациям.

В России формируется отрасль по переработке промышленных и бытовых отходов, которая в передовых странах относится к числу наиболее быстроразвивающихся. Как показывает опыт, она создается главным образом силами малых и средних предприятий, которые также нуждаются в квалифицированных кадрах. Развитие этой отрасли повлечет за собой образование и развитие смежных предприятий, производящих оборудование или проектирующих новые производства и также нуждающихся в специалистах. Все это актуально и имеет особенно большое значение для нашего региона в условиях сокращения рабочих мест в металлургической и угольной отраслях промышленности.

Подготовка специалистов в области техногенных и вторичных ресурсов в Сибирском государственном индустриальном университете знаменует начало подготовки поколения инженеров – будущих руководителей, которые остановят наконец рост деградации окружающей среды и переведут промышленные регионы России на путь устойчивого развития.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2002 году». Эко-бюллетень ИНЭКа. 2003. № 9. С. 2 – 5.
2. Среда обитания. Состояние здоровья населения г. Новокузнецка в 2000 – 2002 гг. Под ред. Г.И. Чеченина. – Новокузнецк: МОУ ДПО ИПК. 2003. – 152 с.

УДК 669.015.7.074(078.8)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Харлашин П.С., Буторина И.В.,
Григорьева М.А., Романов О.И.

Приазовский государственный технический университет г. Мариуполь, Санкт-Петербургский технический университет

Анализ технологических мероприятий направленных на улучшение отдельных экологических показателей различных стадий получения жидкой стали, показывает, что их внедрение, чаще всего, оказывает комплексное воздействие на весь процесс в целом, вызывая как снижение ресурсоемкости производства, так и уменьшение количества отходов.

Для расчета экологической эффективности от внедрения того или иного мероприятия в математическую модель жизненного цикла стали были включены уравнения

$$\eta_{эл} = 1 - \frac{У_р}{У_ф}, \qquad (1)$$

где $У_ф$ и $У_р$ – соответственно фактическое значение удельного экологического показателя данного производства и расчетное его значение после проведения реконструкции производства или внедрения новой технологии.

Величины экономической эффективности от проведения различных мероприятий определялись с помощью аналогичного выражения

$$\eta_{эк} = 1 - \frac{С_р}{С_ф}, \qquad (2)$$

где ($С_ф$), ($С_р$) – величины себестоимости металлургической продукции до и после реконструкции производства.

Суммарный экологический и экономический эффект от проведения комплекса мероприятий определялся по формуле

$$\sum \eta = 1 - (1-\eta_1)(1-\eta_2)(1-\eta_3)...(1-\eta_n), \quad (3)$$

где η_i – эффективность каждого из мероприятий.

В таблице 1 приведены расчетные значения эффективности мероприятий по оптимизации различных этапов жизненного цикла стали и значения суммарной эффективности от внедрения всего комплекса мер. Знаком (-) помечена отрицательная эффективность от внедрения мероприятий.

Таблица 1 – Оценка эффективности мероприятий по оптимизации металлургического производства

Мероприятие	Уменьшение, %							
	затрат		выбросов				стоков	твердых отходов
	энергии	воды	пыли	CO	NO_x	SO_2		
Агломерационное производство								
Оптимизация фракционного состава шихтовых материалов	13,5	5	66,4	56	8,3	56		
Герметизация агломашины	7,2	72	23				72	
Рециркуляция дымовых газов	15		3	90				
Установка электрофильтров		90	82				100	
Суммарная эффективность	26,2	97,3	95,3	95,3	8,1	53	100	
Коксохимическое производство								
Использование качественного сырья	3		10		50	50		
Выбор оптимального состава топлива	0,078			45	-8	-10		
Ликвидация градирен	0,03					11*	20	15
Изменение технологии очистки коксового газа								70
Использование технической воды для тушения кокса		-70	20			7*	-70	
Суммарная эффективность	3,15 / 0,1	-76	28 / 20	45	46 / -8	55 / 8,9	-44	74,5
Доменное производство								
Использование качественного сырья	7,4		5	5	5	10	5	25
Внедоменная десульфурация чугуна	2		30					25

Переход на систему испарительного охлаждения печи	0,05	49,1					49,1	
Бесконусная загрузка печи		0,33	3,7	5			0,33	
Замена форсуночных скрубберов на скрубберы Вентури	1,5	13,6					49	
Укрытие литейных дворов	0,21		72		0,5			1,6
Использование бесшахтных воздухонагревателей	0,54			74				
Ликвидация свечей дожигания	2,3			5,6	0,5			
Суммарная эффективность	14,5 / 7,6	56,2	82 / 81	78 / 77	6 / 1	59 / 55	75,4 / 74	48 / 30,5
Сталеплавильное производство								
Внепечная десульфурация и десиликонизация чугуна	0,035		30		0,3	20	20	63
Добавки пара в дутье			30		20	20		2
Использование передвижных миксеров	10,6		26	1				
Работа «без дожигания» СО	87	80					80	
Сухие способы очистки газов	20	61	55				100	
Замена мартенов электропечами	48	63	47	20	60	70	59	11
Суммарная эффективность	96,4	97,1	91	20,7	68	81	100	67,7
* Касается сокращения сероводорода, аммиака, и цианистого водорода								

В таблице 2 приведена разница (в процентном отношении) между удельными экологическими показателями производства стали на металлургических предприятиях стран СНГ и стран ЕС. Величина суммарной эффективности рассчитана для всего комплекса предлагаемых мероприятий (над чертой) и без учета эффекта от перехода на качественное сырье (под чертой). Знаком (-), как и в таблице 1, указана величина отрицательной разницы в показателях. Она в основном касается коксохимического производства, которое на металлургических предприятиях стран СНГ осуществляется бессточным и безотходным методом, что в десятки раз увеличивает выброс в окружающую среду аммиака, цианистого водорода, и сероводорода.

Таблица 2 – Разница в удельных экологических показателях производства стали на металлургических предприятиях стран СНГ и стран ЕС

Показатель	Производство			
	агломерационное	коксохимическое	доменное	конвертерное
Расход энергии	27	4	14,8	65
Расход воды	99,5	-70	30	64
Пыль	85	92	88	86
CO	99,8	18,5	93	-34
SO_2+H_2S	33	50	16,6	63
NO_x	-45	-76	31,8	72
Отходы	1,5	-96	39	34
Стоки	99	-100	93	46

Сравнение данных таблиц 1 и 2 показывает, что оптимизация металлургического производства путем внедрения всего комплекса указанных мероприятий позволит в большинстве случаев достичь, а иногда и превзойти общеевропейский уровень в удельных экологических показателях производства металлургической продукции. Без замены сырья, прежде всего, не удастся обеспечить должный уровень энергоемкости доменного производства, что повлечет за собой увеличение общей энергоемкости всего жизненного цикла стали и ее себестоимости.

Доведение удельных экологических показателей металлургического производства России и Украины до среднеевропейского уровня позволил бы улучшить показатели устойчивого развития стран, касающиеся объемов отходов выбрасываемых в атмосферу на душу населения. Однако экологическую нагруженность одного доллара ВВП этих стран довести до среднеевропейского уровня за счет только этих мероприятий не удастся. Для достижения этой цели необходимо, помимо реконструкции гороно-металлургической отрасли, значительно поднять ВВП долю наукоемкого и малоотходного производства.

Расчет экономического эффекта от перечисленных в таблице 1 мероприятий с учетом себестоимости металлургической продукции и коэффициента снижения ее в процессе оптимизации производства показал, что в ценах 2007 года, при работе на отечественном сырье и сохранении мартеновского производства величина его могла бы составить 26 долларов США на тонну произведенной стали. При использовании качественного импортного сырья величина этого

эффекта составила бы 32 доллара, а при замене мартеновских печей электропечами величина экономического эффекта выроста бы до 60 долларов на тонну жидкой стали. Такой экономический эффект обеспечивается в основном экономией энергоресурсов.

Согласно литературным данным [2] в реконструкцию сталеплавильного предприятия Thyssen Krupp Stahl AG, проведенную с целью улучшения экологических показателей производства с 1990 по 2000 года инвестировались средства из расчета 5 долларов на тонну произведенной стали. Следовательно, внедрение программы реконструкции металлургических предприятий России и Украины с целью для обеспечения устойчивого развития, не только могла бы окупиться, но и давать ежегодную прибыль.

Библиографический список

1. Буторина И.В. Экологические проблемы производства стали / И.В. Буторина, Харлашин П.С. – 2007. – 178 с.
2. Штиль Г. Защита окружающей среды в сталеплавильной промышленности, на примере Thyssen Krupp Stall AG. // Сборник докладов международной конференции «Пути решения экологических проблем горно-металлургической отрасли стран СНГ». – Мариуполь: ПГТУ. – 2002. – С. 58 – 78.

УДК 669.015.7.074

О РАЦИОНАЛЬНОМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИИ И ВОДООТВЕДЕНИИ

БУТОРИНА И.В., ХАРЛАШИН П.С., БАКСТ В.Я.

Санкт-Петербургский технический университет,
Приазовский государственный технический университет
г. Мариуполь

Главный экологической водной проблемой Украины является дефицит питьевой воды и загрязнённость водоёмов промышленными и бытовыми стоками. По запасам водных ресурсов Украина относится к числу стран с низкой водной обеспеченностью. Балансовый запас пресных вод на Украине составляет 209 км^3, из них только 25 % истекает из собственных источников. В результате на душу населения страны приходится только 1 тыс. м^3 собственных запасов воды, в то время как, например, в России этот показатель составляет 5,9 тыс. м^3, в Англии 5, Франции 3,5, в Германии 2,5 тыс. м^3. Общая потребность в

воде в Украине 82,9 км^3 в год, из них 40 % потребляется предприятиями черной металлургии, химической промышленности и энергетики* [1]. Несмотря на низкую обеспеченность собственными запасами пресной воды, система водопотребления и водоотведения на Украине не соответствует мировым стандартам.

Большие объёмы использования водных ресурсов в производственной и коммунальной сферах, высокая загрязненность стоков привели к тому, что естественные водоёмы Украины: реки, озера и моря утратили способность к самовосстановлению и самоочищению, что угрожает экологической безопасности страны в связи с потерей источников пресной воды и водоёмов, пригодных для рыбоводства.

Анализ наиболее водоёмких производств показывает, что уровень потребления воды в них в несколько раз выше мировых стандартов. Так, например, в металлургической промышленности, наиболее водоемкой отрасли производственной деятельности Украины, удельное потребление воды почти в 22 раза выше, чем на сталелитейных предприятиях ЕС. Исследование структуры водопотребления показывает, что причиной перерасхода воды является преимущественное использование мокрых способов очистки газов от пыли и водяного охлаждения конструкций печи. В настоящее время Западная Европа практически полностью перешла на сухие способы очистки газов и системы испарительного охлаждения, уменьшающие расход воды в 40 раз. Резкое сокращение водопотребления позволило создать эффективно действующие и мало затратные водоотборные системы, сведя забор свежей воды и сброс стоков до минимума. В результате проведения такой политики только в металлургической промышленности удельное количество стоков при производстве тонны стали в странах ЕС на порядок ниже, чем в Украине.

---

* Концептуальні основи сталого розвитку водогосподарського комплексу України. С.І. Драгунцов, М.А. Хвесик, В.І. Банних та ін.- Київ, НАН України, РВПС України, 1996. - 53 с.

УДК 656.1

О ПРОБЛЕМАХ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ АВТОТРАНСПОРТА

Воскресенская Т.П., Громова О.Д.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Автотранспорт пагубно воздействует не только на окружающую среду (атмосферу, почву, воду), но и образует ряд производственных отходов. Основными отходами автотранспорта являются металлические части автомобиля (в частности, цельнометаллический кузов, несущая рама и расположенные на ней агрегаты) и резиновые шины всех типов.

Под *отходами* промышленно-транспортной деятельности понимают бытовые, промышленные отходы, а также производственные отходы, возникающие в технологических процессах реализации жизненных циклов объектов транспорта, появляющиеся в результате неэффективного использования сырья, материалов. Они загрязняют гидросферу и литосферу, аккумулируются в этих средах и поэтому подлежат утилизации, обеззараживанию, вывозу и переработке.

Основными источниками загрязнения окружающей среды являются автотранспортные предприятия, базы дорожно-строительной техники, гаражи, стоянки и другие места хранения и длительной парковки транспортных средств, пункты мойки, топливозаправочные станции, станции технического обслуживания, мастерские и другие предприятия по техническому обслуживанию и ремонту транспортной и дорожно-строительной техники, а также дороги, мосты, автомобильные рынки и магазины.

Основные виды отходов транспортной деятельности: *жидкие*, сбрасываемые в поверхностные и сточные воды (растворители, нефтепродукты, взвеси, хлориды) и *твердые*:1) вывозимые для захоронения на полигоны и свалки; 2) передаваемые на переработку или захоронение другим предприятиям; 3) используемые для собственных нужд.

Жидкие отходы производственной и транспортной деятельности образуются в результате выполнения технологических процессов мойки, очистки деталей, электрохимической обработки материалов, малярных работ и т. д. Объемы *твердых отходов* в технологических процессах ЖЦ объектов транспорта определяются периодичностью

проведения регламентных работ, уровнем надежности конструкции, номенклатурой используемого оборудования. Сегодня на транспортных предприятиях образуются твердые отходы, объем которых по данным МАДИ-ТУ составляет порядка 250 кг на один автомобиль в год [1].

Воздействие транспорта и обеспечивающей его функционирование инфраструктуры сопровождается значительным загрязнением окружающей среды. *Основные виды* воздействия – загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов транспортных двигателей, выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников, загрязнение водных объектов, образование производственных отходов и воздействие транспортного шума [2]. Таким образом, резина и металл должны быть переработаны как с экологической, так и с экономической точки зрения. В последнее время в нашей стране внедряются экологические программы по вторичному использованию и переработке основных частей отслуживших свое автомобилей и их частей.

Автомобиль — это химическая фабрика па колесах. На его «совести» 60 % всех вредных веществ в городском воздухе. Ещё в «Послании о положении страны» американский президент Никсон вынужден был уделить специальное внимание преступнику – автомобилю и назвал его «нашим самым злостным загрязнителем воздуха».

Многие отходы, образующиеся на предприятиях транспортного комплекса, представляют собой вторичное сырье, а также отработанные нефтепродукты, отходы красок и шлаки. Так, автомобильные выхлопные газы – смесь примерно 200 веществ. В них содержатся углеводороды – не сгоревшие пли не полностью сгоревшие компоненты топлива, доля которых резко возрастает, если двигатель работает на малых оборотах или в момент увеличения скорости при старте, т. е. во время заторов и у красного сигнала светофора [3].

Автомобильный транспорт относится к основным источникам загрязнения окружающей среды в большинстве крупных городов, при этом 90 % воздействия на атмосферу связано с работой автотранспортных средств на линии, остальной вклад вносят стационарные источники (цехи, участки, станции технического обслуживания и т.д.).

В крупных городах России доля выбросов и отходов от автотранспорта соизмерима с выбросами промышленных предприятий (Москва и Московская область, Санкт-Петербург, Краснодар, Екатеринбург, Уфа, Омск и др.). В 150 городах РФ (среди них Москва, Томск, Ростов-на-Дону, Екатеринбург) – выбросы от транспорта

превышают промышленных. Нередко концентрация вредных веществ от автомобильных выхлопов превышает ПДК в 10 – 20 раз.

В настоящее время на заводе «Моссантехпром» действует опытно-промышленная установка по переработке резиновых отходов и изношенных автомобильных шин, производительностью 300 кг исходного сырья в час. Главным направлением использования продуктов переработки резиновых отходов является возможность использования их в качестве исходного сырья для резиновой промышленности (маслосмягчители, техуглерод и т.д.), промышленности нефтеоргсинтеза, в дорожном строительстве для производства битумных эмульсий и мастик. В ряде стран изношенные шины используются в качестве топлива для получения энергии, а также в цементной промышленности, однако такие направления использования являются низкоэффективными, поскольку не позволяют в полной мере реализовать те ценные материалы, которые содержатся в шинах. Резиновые отходы целесообразно перерабатывать таким образом, чтобы одновременно с решением проблемы их уничтожения, получать ценные сырьевые и энергетические ресурсы.

Кузов автомобиля – чёрный лом, который используется в металлургическом, литейном и других производствах. Основным потребителем является сталеплавильное производство. Рациональное использование ресурсов лома является важнейшим условием достижения высокой производительности общественного труда, так как металлолом, применяемый при выплавке стали, даёт большую экономию общественных затрат в народном хозяйстве. Практически, каждая тонна лома чёрных металлов, переработанная в сталеплавильном производстве, заменяет тонну чугуна. Удельная капиталоемкость производства 1 т чугуна из железорудного сырья, в 7 раз превышает удельные капитальные затраты на переработку 1 т лома.

На каждый миллион тонн, вовлечённый в производство вторичных чёрных металлов, народнохозяйственная экономия капиталовложений составляет около 100 млн. руб., а с учётом высвобождения мощностей машиностроения и транспорта – более 120 млн. руб.

В Кемеровской области зарегистрировано около 300 тысяч автомобилей, однако не все из них бороздят дороги области, от многих остались лишь остовы, разбитые аккумуляторы с вытекающей из них кислотой и шины, которые захламляют городские и пригородные лесные зоны, образуя стихийные свалки. Некоторые хозяева отслуживших своё «железных коней» бросают их прямо на территориях гаражных кооперативов.

Очевидна необходимость выявлять и привлекать к административной ответственности владельцев брошенных, не снятых с учета, не прошедших техосмотр транспортных средств, проводить рейды по проверке состояний территорий, закрепленных за гаражными кооперативами и индивидуальными владельцами гаражей. Ржавые остовы отслуживших свое автомобилей продолжают «украшать» городские дворы и лесные зоны, несмотря на то, что на решение экологических проблем, связанных с утилизацией отходов, затрачены немалые суммы и приложены неимоверные усилия.

В данной работе предлагается на региональном уровне отслеживать, утилизирован ли «отслуживший своё» частный автопарк региона, создавать условия (специальные заводы, пункты приёма и переработки материалов, полигоны утилизации..) для цивилизованной утилизации и переработки немалого количества автотранспортных отходов, а также инвестировать утилизацию кузовов, аккумуляторов, покрышек и др. автокомпонентов в области.

Так, замкнутость территории, отсутствие предприятий по переработке вторичных ресурсов значительно затрудняет процесс утилизации отработавших свой срок автомобилей. За год эксплуатации только личного автотранспорта образуется около 10 тысяч штук отработавших свинцовых аккумуляторов (примерно 80 тонн). По экспертным оценкам, на свалках, транспортных площадках и т.п. объектах, встречающихся повсеместно, в настоящее время находится до 1 млн. тонн свинца в отработанных аккумуляторах. И этот показатель неуклонно растет, причём это только аккумуляторы, а ведь есть еще сам остов автомобиля, который состоит из различных компонентов. Несмотря на то, что в городе есть фирмы, занимающиеся скупкой, сбором металлолома, утилизация кузовов для них дело неприбыльное, а зачастую – убыточное.

Каждый год число отработанных автошин увеличивается на 50 тысяч штук (500 тонн), образуется более 50 тонн отработанных масел. Отработанные горюче-смазочные материалы можно было бы сдавать в городские котельные, работающие на жидком топливе, но сжигание их возможно только после перегонки через сепаратор, которые имеются лишь на нескольких предприятиях. Инспекционные проверки предприятий региона показывают, что утилизация отработанных горюче-смазочных веществ решается, в основном, одним способом – масла сливают на землю.

Анализируя все эти факты, можно с уверенностью сказать, что вопрос утилизации отходов автотранспорта в городе и области практически не решается. Хотя власти как городские, так и областные

ищут пути решения многих экологических проблем. Административный кодекс не дает права наказать нарушителей по всей строгости. Действительно, что проще: собрать, распределить отходы, получив разрешение на вывоз на санкционированную свалку, затратить средства на горючее или просто выбросить. В первом случае вывоз мусора обойдется недёшево, во втором же, в случае обнаружения факта захламления, с физического лица взыскивается штраф в размере одной минимальной оплаты труда, при повторном случае – до трех. С руководителя предприятия – пять МРОТ, в повторном случае до десяти. Неудивительно, таким образом, решение многих: проще выбросить мусор, чем утилизировать его по правилам.

Однако выход существует – владелец машины, сдающий номер в ГИБДД, обязан предоставить инспектору справку об утилизации старого авто. Таким образом, в нашей области эта проблема может быть легко решена, осталось открыть пункты утилизации. При отсутствии подобной справки машина с учета не снимается. В этом случае автовладелец будет обязан уплатить налог. Таким образом, автомобилисты будут решать, что дешевле: один раз привезти машину в пункт приема лома или каждый год платить по 1000 – 2000 руб. «за воздух». Но, к сожалению, законодательные органы пока не принимают такой закон.

Автомобили, несомненно, относятся к числу самых необходимых и одновременно самых «хищных вещей» XX века. В категорию «хищников» машины попадают уже потому, что ежегодно при их непосредственном участии гибнут сотни тысяч людей, потребляется значительная часть невосполнимых ресурсов нашей планеты (нефть, газ, металлы и т.д.) и загрязняется окружающая среда. Сегодня во всех странах стараются свести к минимуму ущерб, наносимый неконтролируемым размножением «автомобильного стада», в том числе – и в России [4].

Библиографический список

1. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко.– М.: Высшая школа, 2001. – 295 с.
2. Протасов В.Ф. Экология здоровья и охрана окружающей среды в России / В.Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 627 с.: ил.
3. Никитин Д.П. Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков. М.: Высш. шк., 1980. – 424 с.: ил.
4. www.nmoroz.news.ru.

УДК 104.6/.7

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РЕГУРОВАНИЯ КВОТ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Харлашин П.С., Протопопов Е.В., Стрижак А.Е.,
Кулбанов С.Х., Яценко А.Н.

Приазовский государственный технический университет
г. Мариуполь,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк,
«АйПиМалтиКом»
г. Киев

Изменение климата – одна из наиболее широко обсуждаемых проблем в современном мире. Этой проблеме посвящены ежедневные публикации в газетах и журналах, телевизионные передачи, дискуссии ученых, выступления политиков.

Популярность этой темы не только среди ученых, но и широкой общественности связана с тем, что климатические изменения могут так или иначе затронуть каждого жителя Земли.

Практически все ученые согласны, что современное повышение температуры связано с увеличением концентрации в атмосфере так называемых парниковых газов, в первую очередь CO_2. Вместе с тем существуют разные точки зрения на причины увеличения этой концентрации. Некоторые специалисты предполагают, что это связано с естественными причинами, но большинство объясняет увеличение концентрации антропогенной деятельностью, особенно сжиганием ископаемого топлива.

Учет выбросов принято называть разработкой кадастра выбросов и стоков. Однако часто используется понятие инвентаризация. Также, когда говорят о выбросах, имеют в виду учет и поглощение CO_2 наземными экосистемами. В тех концентрациях, которые наблюдаются в атмосфере, парниковые газы не оказывают прямого вредного влияния на здоровье человека. Поэтому контроль ведется не за концентрацией газа около предприятия, а за абсолютным значением выброса в течение длительного времени, обычно за год. Не имеет значения, был ли это залповый выброс или постепенная эмиссия. Выброс за год – это вклад источника выбросов в глобальный парниковый эффект. Именно глобальный, так как парниковые газы долго находятся в атмосфере, хорошо там перемешиваются. Ни глобальный, ни региональный эффект

не зависит от места выброса. Большое значение имеет кумулятивное действие всех парниковых газов, то есть суммарный парниковый эффект, вызванный тем или иным источником. Поэтому данные инвентаризации выражаются в единицах CO_2 эквивалента, а результирующее действие всех выбрасываемых газов получается как взвешенная сумма выбросов отдельных газов с весами, отражающими их парниковый эффект. За единицу принят эффект от CO_2. Выбросы остальных газов умножаются на определенные коэффициенты глобального потепления (ПГП). При этом РКИК рассматривает ПГП с так называемым 100 летним горизонтом осреднения. Это означает, что сравниваются эффекты от выбросов 1 т того или иного вещества за 100 лет. Для метана ПГП равен 21, для оксида азота – 310, для SF_6 – 23 900. Это означает, что выброс 1 т метана эквивалентен выбросу 21 т CO_2.

Список парниковых газов, подлежащих инвентаризации по Киотскому протоколу включает: двуокись углерода (CO_2) и метан (CH_4), оксид азота (N_2O), перфторуглероды (ПФУ), гидрофторуглероды (ГФУ) и гексафторид серы (SF_6). По мере синтеза и использования новых ГФУ и ПФУ список будет дополняться. Водяной пар – самый распространенный парниковый газ – исключен из данного рассмотрения, так как нет данных о росте его концентрации в атмосфере (то есть связанная с ним опасность не просматривается). Озоноразрушающие вещества (хлорфторуглероды, галогены, метилхлороформ, тетрахлорид углерода), которые также дают небольшой парниковый эффект, здесь не рассматриваются, поскольку они подлежат учету и запрещены к использованию в связи с выполнением странами обязательств по Монреальскому протоколу.

В подавляющем большинстве случаев выбросы от источника не измеряются, а рассчитываются по данным о потреблении топлива и производстве продукции (если ее производство ведет к выбросам парниковых газов) и т. п. В самом общем виде расчет строится по схеме: (данные о какой-либо деятельности, например о сжигании топлива) – (коэффициенты эмиссии) = выбросы. Международные методики дают прежде всего значения коэффициентов эмиссии. При этом подчеркивается, что при наличии соответствующих национальных коэффициентов их следует использовать вместо международных.

Возможности применения рыночных механизмов для решения природоохранных задач исследуются уже более 20 лет. Согласно экономической теории, механизмы, основанные на создании рыночных стимулов для снижения загрязнения окружающей среды, во многих случаях оказываются гораздо более эффективными, чем традиционные подходы (например, нормирование выбросов, платежи за загрязнение).

Одним из наиболее перспективных рыночных подходов к охране окружающей среды является механизм ограничения суммарных выбросов и торговли квотами.

Существуют различные модели торговли квотами на выбросы, но наиболее распространенными являются следующие два подхода:

– Торговля сертификатами (кредитами), полученными за снижение выбросов. Если предприятие добилось снижения выбросов (например, от реализации инвестиционного проекта), оно получает специальный сертификат от уполномоченного агентства и разрешение на его продажу. Покупатель приобретает такие сертификаты для выполнения своих обязательств по ограничению выбросов, если собственные меры обойдутся ему дороже.

– Торговля квотами. Каждый источник выбросов, расположенный на определенной территории и подпадающий под требования снижения загрязнения, получает определенное количество квот (равное, например, его текущим выбросам) и возможность покупать и продавать квоты на рынке. В конце отчетного периода он должен иметь достаточное количество квот для покрытия своего реального выброса за установленный период. В противном случае источнику выбросов грозит внушительный штраф.

Как правило, квоты используются предприятиями для покрытия реальных выбросов. В случае превышения фактических выбросов над количеством имеющихся у предприятия квот оно должно купить недостающие квоты у другого предприятия или просто на рынке. В противном случае вступают в силу штрафные санкции (ставка штрафа значительно превышает цену квот) и даже уголовная ответственность за невыполнение природоохранного законодательства.

Важным свойством, присущим системе торговли квотами, является избирательность ее действия. Например, при переходе с этилированного бензина на неэтилированный система торговли может обеспечить гладкость этого процесса без чрезмерных потерь, связанных с преждевременным выбыванием оборудования, которое еще может работать, или потерь, связанных со скачкообразным изменением цен.

При создании системы торговли квотами на выбросы необходимо учитывать особенности природоохранной проблемы, которую следует решить. Также важно детально проанализировать, какие экономические стимулы создаст рынок квот для предприятий, насколько они будут соответствовать целям избранной экологической политики и насколько эффективным может стать сам рынок.

Что касается выбросов парниковых газов, то большинство из них не оказывает локального отрицательного воздействия на людей,

экосистемы и т. д. и действительно не важно, в какой стране осуществляются выбросы, поскольку все они, в конце концов, оказываются в атмосфере и влияют на глобальный климат. Поэтому система ограничения суммарных выбросов и торговли квотами является наиболее привлекательным механизмом, который создает действенные стимулы для разработки и внедрения эффективных и экологически чистых технологий в глобальном масштабе.

Перспективы развития рынка квот на выбросы парниковых газов на ближайшие годы связаны прежде всего с вступлением в силу и выполнением Киотского протокола.

Отказаться от борьбы с изменением климата мировое сообщество уже не может, а значит, ограничения на выбросы парниковых газов неизбежны. Другой вопрос, какими будут эти ограничения для стран и предприятий. Представляется, что рыночные механизмы как наиболее эффективные для решения этой глобальной задачи все равно будут задействованы. Он будет существовать даже при использовании других методов ограничения выбросов, например за счет жестких технологических стандартов, нормативов выбросов и налогов на энергию, чему посвящено немало исследований во многих странах, в том числе и в Евросоюзе.

По имеющимся оценкам, потенциальный спрос на углеродные квоты в период 2008 – 2012 гг. составит до 700 млн. т CO_2 в год (без США). В то же время потенциальное предложение квот оценивается в 1000 – 1500 млн. т CO_2 в год, конечно, если Россия захочет предложить все свои неиспользованные квоты на рынок. В этом случае предложение превысит спрос и рынок может обвалиться, что невыгодно многим участникам рынка, прежде всего России.

От рыночной стратегии России напрямую зависит цена квот. Разброс прогнозов цен на квоты велик: как показывают различные экономические модели, при любых сценариях развития ситуации на углеродном рынке к 2008 – 2012 гг. без участия США в торговле и при наличии значительного избытка потенциального предложения, цена разрешений на выбросы будет составлять от $0 до $12 за тонну CO_2.

Таким образом, для участия в рынке квот на выбросы парниковых газов в мире, и в России в частности, создаются не только потенциальные возможности, но и вполне определенная инфраструктура, обеспеченная финансовыми механизмами и технологической базой. Спрос, как известно, диктует предложение. На углеродном рынке спрос уже возник и в ближайшей перспективе будет только возрастать.

Сегодня для правительств и предприятий вопрос получения

наибольших выгод от Киотского протокола заключается в том, насколько быстро и эффективно они смогут наладить механизмы работы на углеродном рынке. В большой мере это относится и к России, и к российским предприятиям, у которых на мировом рынке немало конкурентов. Последние тенденции развития событий в России в отношении Киотского протокола позволяют всерьез рассчитывать, что торговля углеродными квотами в России начнется в ближайшие годы. Это означает, что российским регионам и компаниям стоит заранее готовиться к новому рынку и новым возможностям для привлечения инвестиций.

Библиографический список

1. Изменение климата и Киотский протокол – реалии и практические возможности. // Кокорин А.О., Грицевич И.Г., Сафонов Г.В.– М.: 2004.– 64 с.
2. Глобальные изменения климата: экономико-правовые механизмы имплементации Киотского протокола. / Под. ред. В.Я. Шевчука. – К.: Геопринт, 2005. – 150 с.

УДК

УПРАВЛЕНИЕ УГОЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ – ЭТО РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДР

Иванов В.П.

ОП «Кузнецкий центр ФГУП ВУХИН»
г. Новокузнецк

Одно из удивительных свойств Природы проявляется в ее безотходности. В гармоничном замкнутом цикле остатки деятельности одних участников являются исходным продуктом для начала другой деятельности. Исключением является Человек разумный, оставляющий после своей деятельности миллионы тонн отходов.

Варварские способы добычи и переработки полезных ископаемых, в частности угля, в XX столетии запечатлелись на нашей кузбасской земле в виде «несметных богатств» - терриконики, шламовые отстойники, породные отвалы открытых разработок угольных пластов и отвалы золы ГРЭС и котельных.

Современная наука и производственная практика доказывают, что процессами возникновения угольных отходов можно управлять. Это управление должно начинаться с рационального использования недр, в

основе которого положена концепция: «безотходные технологии добычи и переработки углей». Суть данной концепции состоит в следующем:

− достоверное изучение строения угольных пластов и качества углей;

– подбор правильной схемы разработки угольных пластов на стадии проектирования, направленной на полное извлечение угольной массы в виде товарной продукции;

– выбор современного горного для открытых работ или горношахтного оборудования для подземных работ, позволяющего вести добычу углей заданного качества и по видам товарной продукции, оставляя породную массу под землёй или в отработанных горных выемках;

− многостадийная схема обогащения угля, включающая додрабливание промродукта и отхода крупных классов с последующим их обогащением в замкнутом цикле общей схемы обогащения и выдачи породного отхода с органической массой не более 1 %;

− утилизация остатков обогащения путём их переработки в продукты строительного назначения и для дорожного покрытия, сокращая тем самым количество карьеров для отсыпки дорожного полотна;

− выбор правильного направления глубокой переработки конкретного угля, позволяющий получать высоколиквидные продукты и минимальное количество выбросов и отходов, для которых, в свою очередь, существуют технологии переработки или очистки, переводящие их в безвредное состояние или полезные продукты.

В настоящее время существует большое количество различных методов, методик, схем, проектов, оборудования, способов и технологий, позволяющих достигнуть до 95 % оптимизации этапов вышеприведенной концепции. Но в этом случае важно ориентироваться не на «сиюминутное» снижение затрат на каждом этапе взаимодействия с недрами и ресурсами, а на поиск оптимального сочетания затрат и прибыли от осуществления каждого этапа работ.

В качестве примера можно привести существующие ныне подходы. Так, при изучении качества углей следует руководствоваться не маркой угля, а его технологической ценностью. При геологическом изучении строения угольного пласта необходимо устанавливать не только его мощность, наличие угольных и породных пачек, горнотехнические условия для отработки, но и возможность получения товарной продукции на всех стадиях вскрытия угольного пласта.

На стадии проектирования угледобывающего предприятия

необходимо изначально рассмотреть возможность применения комплексной схемы разработки угольного пласта, состоящую из открытой и подземной добычи угля. Это позволяет снизить затраты на развитие подземных горных работ, даёт возможность более детального изучения строения угольного пласта и его технологических свойств и качества. При глубоком залегании угольных пластов необходимо предусматривать технологии использования горной массы с целью получения полезных компонентов или продуктов. Большое внимание должно уделяться глубокой очистке карьерных и шахтных вод, которая позволит рационально использовать водные ресурсы и снизить их дефицит.

Додрабливание промпродукта и отходов крупных классов позволит повысить выход концентрата и снизить выход породного отхода. Прессование тонкодисперсного породного продукта позволяет получать строительные кирпичи и блоки, а также материал для дорожного покрытия.

В части глубокой переработки углей, не способных участвовать в производстве кокса, существует множество возможностей их применения, исключая прямое сжигание, позволяющее извлекать лишь 65 % полезной энергии из твёрдого топлива. Газификация угля позволяет получать не только тепловую энергию, но и синтез-газ, из которого можно получать высоколиквидные продукты, например бензин. При этом практически отсутствуют выбросы, а неорганические отходы подлежат более дешёвой дальнейшей их переработки в сравнении с золой и шлаком, продуктов прошедших высокотемпературное воздействие.

Даже из этих примеров видно, что управлять отходами не только можно, но и нужно, при этом не требуется материальных затрат, а необходимо, как сейчас модно говорить, проявить «политическую волю». Другими словами, Человек должен доказать, что он разумное существо.

УДК

ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Никитенко С.М.

ИНПЦ «ИННОТЕХ»

По различным подсчетам в России в отвалах и хранилищах

накоплено около 80 млрд. т твердых отходов, из которых 1,6 млрд.т. токсичные и канцерогенные. Отходы вырабатываются практически на каждой стадии промышленного технологического процесса.

Промышленные отходы – это потенциальные сырьевые ресурсы техногенного происхождения с определенным химическим составом.

Наряду с созданием правовых и экономических механизмов требуется разработка технологических процессов по переработке промышленных отходов, в которых отходы рассматриваются как техногенное сырье для получения полезного продукта. Использование промышленностью страны большого числа устаревших технологий, дающих огромное количество отходов делает научные разработки в области технологий переработки промышленных отходов чрезвычайно актуальными.

Из практики работы ИНПЦ «ИННОТЕХ» выработались концептуальные технологические направления переработки промышленных отходов:

1. Технологические процессы, направленные на прекращение образования отходов.

2. Технологические процессы, направленные на значительное снижение объемов образования отходов.

3. Технологические процессы, направленные на переработку образующихся отходов.

4. Технологические процессы, направленные на переработку того «что уже лежит».

Ярким примером первого направления является технология очистки шламовых вод углеобогатительных фабрик, внедренная уже на четырех обогатительных фабриках Кузбасса (автор д.т.н., доцент КузГТУ М.С. Клейн)

Достоинства процесса масляной аэроагломерации (МАА) угольных шламов:

– центрами агрегации становятся не капли масла, а омасленные микропузырьки воздуха;

– многократно увеличивается площадь поверхности раздела масло-вода;

– снижается расход масляных реагентов;

– повышается скорость и степень агрегации мелких частиц угля;

– достигается значительное снижение энергетических затрат на перемешивание аэрированной пульпы.

Результаты внедрения интенсивной технологии очистки шламовых вод:

– расход аполярного собирателя сократился на 20 – 30 %;

– выход флотоконцентрата увеличился на 2 – 3 % (от операции флотации);

– производительность флотомашин увеличилась в два раза;

– потери угля с отходами флотации снизились на 30 – 40 %;

– выбросы загрязняющих веществ в воздушную среду уменьшились на 15 – 20 % (меньше сжигается угля при сушке).

Годовой экономический эффект при переработке 1 млн. тонн рядового угля (коксующегося) составляет до 30 млн. рублей.

Примером второго направления могут служить многокомпонентные низкоплотные смеси (автор д.т.н, доцент КузГТУ Катанов И.Б.). В результате взрывных работ только на разрезах Кузбасса в атмосферу выбрасывается до 5,74 млн.т/год вредных газов. Многокомпонентные низкоплотные смеси – пеногели - наиболее выгодный метод борьбы с пылегазовыми выбросами при массовых взрывах в условиях открытых горных работ. Низкоплотные среды перераспределяют энергию взрыва, способствуют коагуляции пыли, снижают концентрацию вредных газов. Применение пеногелевой забойки позволяет снизить удельный расход взрывчатых веществ на 12 – 15 % при одинаковом результате дробления горной массы. Запыленность снижается на 40 – 50 %, а длина зоны оседания пыли (размером от 25 до 250 мкм) снижается почти в 10 раз.

Примером третьего направления можно считать технологию получения флуорена для синтеза высокоэффективного антивирусного препарата тилорона (авторы – группа сотрудников ХТФ КузГТУ). На любом коксохимическом предприятии образуется значительное количество отходов регенерации поглотительного масла, имеющих в своем составе флуорен, аценафтен, дифениленоксид в суммарном отношении около 85 %. Оригинальная технология позволяет выделить флуорен из отходов, как необходимое сырьё для лекарственных препаратов. Данная работа является первым звеном в цепи значительного увеличения получения продуктов из коксохимических смол и отходов коксохимических производств (β-пиколин, фенантрен, карбазол, антрацен). Стоимость флуорена составляет около 25$ за 1 кг. Объём продаж может составить около 25 млн. $ в год только по флуорену. Кроме того, дополнительно может производиться до 500 т аценафтена, 600 т дифенилоксида.

Примером четвертого направления является ресурсосберегающая безотходная технология получения технической керамики из лома футеровки тепловых агрегатов (автор Иванов Ф.И., доцент Новокузнецкого филиала КемГУ). Налажено производство огнеупорных материалов из вторичных ресурсов на основе наукоемких

технологий для металлургических, машиностроительных предприятий, ЖКХ, ТЭЦ. В результате себестоимость огнеупорного кирпича по сравнению со стандартным снижена в 1,5 раза при повышенных механических свойствах, улучшена экологическая обстановка в регионе за счет использования вторичных ресурсов. Планируется создание производства огнеупорных материалов для нужд региона не менее 10 млн. шт. в год.

В чем видится роль органов государственной власти в деле активизации процесса применения технологий по всем направлениям переработки промышленных отходов?

Прежде всего, необходимо:

– обеспечить установление тесных связей исследовательских организаций с производственным сектором для лучшего понимания их технологических проблем и задач (работа на спрос).

– создать систему финансирования государственных исследований для привлечения конечных потребителей инноваций и оказать им поддержку.

– сформировать нормативную базу для реализации принципов партнерских отношений с частным предпринимательским сектором.

Разумеется, что решение проблемы переработки промышленных отходов невозможно без мер общеэкономического характера. Но, определяющим фактором, обеспечивающим тесную связь между наукой и бизнесом должно стать создание организационной и законодательной среды в виде полноценной инфраструктуры, как на региональном, так и на уровне федеральных округов и России в целом.

НОВЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ, ТОПЛИВА И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

УДК 662.742:62.56

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ СОРБЕНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПОЛУКОКСА

СТРАХОВ В.М., СУРОВЦЕВА И.В., УНТЕРБЕРГЕР О.Г., ГЛЯНЧЕНКО В.Д., КАПУСТИНА Н.В.

ОП «Кузнецкий центр» Восточного углехимического научно-исследовательского института
г. Новокузнецк

Восточный научно-исследовательский углехимический институт (ВУХИН)
г. Екатеринбург

В течение длительного времени ВУХИНом совместно с другими организациями проводятся исследования, направленные на получение углеродистых материалов и оценкой их качества как сорбентов для очистки газовых выбросов и стоков промышленных предприятий. Большой цикл работ посвящен разработке технологии производства из углей сорбентов экологического назначения. Исследовали преимущественно бурые угли различных регионов и частично антрациты.

Для расширения сырьевой базы представляет интерес использование длиннопламенных углей для получения сорбентов. Для этого есть благоприятная практическая возможность. На Ленинск-Кузнецком заводе полукоксования производится полукокс из углей марки Д Кузбасса в вертикальных шахтных печах с внутренним обогревом. Карбонизация угля осуществляется за счет тепла газа-теплоносителя, поступающего в печь с температурой 600 – 750 ^{o}C. При этом температура в угольной загрузке печи находится на уровне 550 – 600 ^{o}C. Валовый полукокс сортируется на несколько классов крупности. При этом образуются отходы класса 10-0 мм, качество которого приведено ниже:

Показатели	Значение
Технический анализ, %:	
W^{r}	17,0
A^{d}	11,4
V^{daf}	18,6

S^d	0,30
Содержание фиксированного углерода (C_{fix}), %	72,1
Реакционная способность по CO_2 при 1000 ^oC, $см^3/г·с$	4,35
Плотность, $г/см^3$:	
действительная	1,510
кажущаяся	0,964
Пористость, %	36,2
Общий объем пор. $см^3/г$	0,375
Объем микро- и мезопор, $см^3/г$	0,141
Удельная поверхность по БЭТ, $м^2/г$	217
Структурная прочность, %	64,7

Исследованиями установлено, что зольность, прочность, насыпная плотность и средний диаметр частиц сорбента из полукокса линейно связаны со степенью обгара при активации. Степень корреляции полученных зависимостей имеет высокие значения 0,868 – 0,931. Зависимости сорбционной емкости полученных полукоксов от степени обгара имеют линейный вид и высокие степени корреляции 0,850 – 0,965. Одним из основных показателей качества сорбентов является его насыпная плотность (масса одного литра сорбента). Зависимости сорбционной емкости от насыпной плотности сорбентов имеют также линейный вид и высокие коэффициенты корреляции 0,652 – 0,870.

Качество полученных активированных полукоксов как сорбентов оценивали по их емкостным и прочностным параметрам в сравнении с такими же параметрами промышленных дробленных активированных углей. При этом показатель пригодности сорбента для очистки газовых выбросов от органических веществ принимали статическую емкость по парам бензола (толуола), а пригодность для очистки стоков промышленных предприятий от органики оценивали по емкости сорбента при извлечении фенола из водного раствора.

Влияние режима активирования на емкостные свойства (по бензолу, фенолу и йоду) сорбентов, полученных из полукокса, представлено в таблице 1. Удовлетворительные результаты сорбции по бензолу могут быть достигнуты при длительности активирования более 2 ч. Повышение температуры с 750 до 850 ^oC приводит к увеличению емкости с 119 до 150 мг/г при сохранении прочности по МИС на уровне 79 – 80 %. Максимальная емкость по бензолу, равная 339 – 374 мг/г достигнута при температуре 850 – 870 ^oC и времени активирования 4 – 6 ч. Однако, прочность сорбентов при этом снижается до 63 – 66 %, но остается вполне приемлемой для промышленного использования.

Полукокс, активированный при 730 – 750°С и времени 2 – 4 ч, обладает слабыми сорбционными свойствами по отношению к фенолу (57 – 85 мг/г). Однако с увеличением как температуры, так и времени активирования до 4 – 6 ч сорбционная емкость по фенолу значительно повышается до 160 – 246 мг/г (табл. 1). Аналогично сорбция по йоду минимальна (165 – 216 мг/г) при активации полукокса при 730 – 750 ^{o}С и времени 2 – 4 ч, а максимальные значения сорбционной емкости (673 – 752 мг/г) достигаются при температуре 850 – 870 ^{o}С и времени активирования 4 – 6 ч. (таблица 1). Из сравнения опытных сорбентов из полукокса, полученных из оптимальных режимах активирования, с промышленными дроблеными активными углями следует, что они превосходят показатели сорбционной способности, например, по йоду угля марки КАД-йодный (673 – 752 мг/г против 500 мг/г). Пересчитанные по коэффициенту аффинности с бензола на толуол сорбционные емкости полученных сорбентов при температуре 870 ^{o}С и продолжительности активации 4 ч достигли 300 мг/г, а при 850 ^{o}С и 6 ч – 271 мг/г. Сорбционная емкость промышленного дробленного активного угля марки ДАУ по толуолу составляет всего 110 – 135 мг/г.

Таблица 1 – Физико-механические и сорбционные свойства сорбентов

№ опыта	Режим получения сорбента			Технический анализ, %			Насыпная плотность, г/дм^3	Прочность по МИС, %	Сорбционная емкость, мг/г			
	темпера-тура, ^oC	продолжительность активации, ч	обгар (активация),%	A^d	V^{daf}	S^d			по бензолу	по фенолу	по йоду	по метиленовому голубому
1	750	2	11,6	15,2	2,4	0,26	608	80,0	119,2	56,9	165	не осветл.
2	750	6	22,5	18,2	3,2	0,20	576	76,6	160,6	130,1	345	3,0
3	850	2	19,6	17,2	1,6	0,29	551	79,0	149,9	87,1	324	3,0
4	850	6	52,7	34,5	1,8	0,12	421	62,8	374,4	246,1	752	33,0
5	870	4	45,5	29,6	2,3	0,12	443	65,9	338,6	173,3	673	18,0
6	730	4	17,6	15,2	2,6	0,20	538	74,8	130,7	85,1	216	не осветл.
7	800	1,2	13,1	15,4	2,5	0,20	624	80,2	113,9	78,5	216	не осветл.
8	800	4	33,0	20,7	2,5	0,15	552	74,5	216,6	160,8	506	6,0
9	800	6,8	33,0	19,9	2,5	0,25	507	74,0	246,2	202,6	546	9,0

Организация получения углеродистых сорбентов на основе отходов полукокса непосредственно на заводе полукоксования со сложившейся инфраструктурой позволит снизить их себестоимость. Другим вариантом промышленной реализации производства сорбентов из полукокса может служить размещение технологии непосредственно на коксохимических производствах, например, на КХП ОАО «НТМК» с использованием строящейся установки производительностью 300 т/год.

Выводы.

1) Используя в качестве сырья отходы полукокса Ленинск-Кузнецкого завода полукоксования, в процессе активации в кипящем слое возможно получить сорбенты, не уступающие и даже превосходящий по сорбционной емкости промышленные дробленые активные угли

2) Для получения высоких показателей сорбционной емкости активация полукокса должна производиться при температурах не менее 850 ^{o}C и продолжительности не менее четырех часов. Прочность сорбента по МИС при этом остается достаточно высокой 63 – 66 %.

3) Промышленное производство сорбентов на основе полукокса может быть организовано либо на заводе полукоксования, либо на одном из коксохимических производств, имеющим установку по активации.

УДК 669.16:628.544

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НКМК

Смирнов С.Н.

ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»
г. Новокузнецк

Современный научно-технический прогресс неразрывно связан с созданием эффективных энергосберегающих технологий, поэтому переработка и утилизация техногенных отходов важны не только с точки зрения их использования как альтернативного источника сырья, но и с точки зрения охраны окружающей среды. При этом по технологическим качествам отходы зачастую превосходят руды, добываемые из недр.

Руды черных металлов, как правило, используются некомплексно, в результате чего теряется значительное количество полезных компонентов, накапливающихся в отвалах и хвостохранилищах.

В большинстве случаев богатое железосодержащее сырье представляет собой тонкодисперсные концентраты и ведение металлургических процессов в печах требует их окускования для обеспечения достаточной газопроницаемости.

Окускование является одной из актуальных задач в подготовке железосодержащих материалов к металлургическому переделу.

Окускование мелкодисперсных пылей и шламов позволяет не только обеспечить предприятия дополнительными ресурсами железосодержащих материалов и уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, но стабилизировать работу основных переделов – подготовки сырья и доменного производства.

Брикетирование мелкозернистых и тонкодисперсных материалов со связующими веществами – наиболее универсальный способ вовлечения в переработку ценных топливных, рудных и минеральных сырьевых компонентов, а также ряда техногенных отходов, которые по своему агрегатному физическому состоянию непригодны для непосредственного использования в технологических процессах и аппаратах.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ БРИКЕТОВ

Наиболее экономически выгодной и экологически безопасной является «холодное» брикетирование.

Проанализировав эксплуатационные качества брикетов с различными связующими и технологичность их применения в производстве, наиболее экономически выгодным является применение портландцемента. К преимуществам портландцемента относятся:

– возможность быстрого достижения требуемой эксплуатационной прочности;

– незначительные энергозатраты для ускорения набора прочности брикетами;

– начало схватывания цемента наступает не ранее 2 часов, что обеспечивает возможность «спокойной» эксплуатации оборудования;

– цемент не настолько химически агрессивен, как, например, жидкое стекло или известь, работа с которыми требует специальных навыков персонала и специального транспортного и накопительного оборудования;

– портландцемент является гидравлическим вяжущим, то есть сохраняет свои свойства как в воздушно-сухих, так и во влажностных условиях, в отличие от воздушных вяжущих (извести, жидкого стекла и др.);

– высокая удельная поверхность цемента обеспечивает достаточное сцепление частиц основных компонентов брикета при минимальном расходе связующего;

– под воздействием вибрации цемент подвергается «разжижению», обеспечивая создание плотной структуры брикета в процессе формования без создания внутренних напряжений, в отличие от воздействия высоких давлений;

– процесс гидратации цемента, происходящий в камерах тепловой обработки, экзотермичен;

– рынок поставщиков портландцемента достаточно велик, то есть данное вяжущее относится к недефицитным, что является значимым фактором при организации высокопроизводительных брикетных фабрик.

Для получения товарного продукта, пригодного для реализации на рынке вторичного сырья, брикет должен отвечать ряду требований:

– не должен содержать вредных для металлургического процесса примесей элементов сверх допускаемого уровня;

– обладать прочностью, достаточной для его последующей транспортировки;

– сохранять прочность при увлажнении при транспортировке;

– обладать прочностью при высоких температурах;

– обладать однородностью химического состава;

– обладать однородностью линейных размеров кусков;

– иметь себестоимость, сопоставимую с традиционной.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ БРИКЕТОВ

Технология изготовления металлургических брикетов включает в себя следующие переделы:

– доставку сырьевых компонентов на промышленную площадку;

– хранение сырьевых компонентов;

– дозирование сырьевых компонентов для приготовления шихтовой смеси;

– приготовление сырьевой смеси в смесителях принудительного действия;

– транспортирование шихтовой смеси к посту формования;

– формование брикетов способом вибропрессования;

– транспортирование отформованной продукции к посту выдержки;

– пакетирование готовой продукции (при необходимости);

– транспортирование на склад готовой продукции.

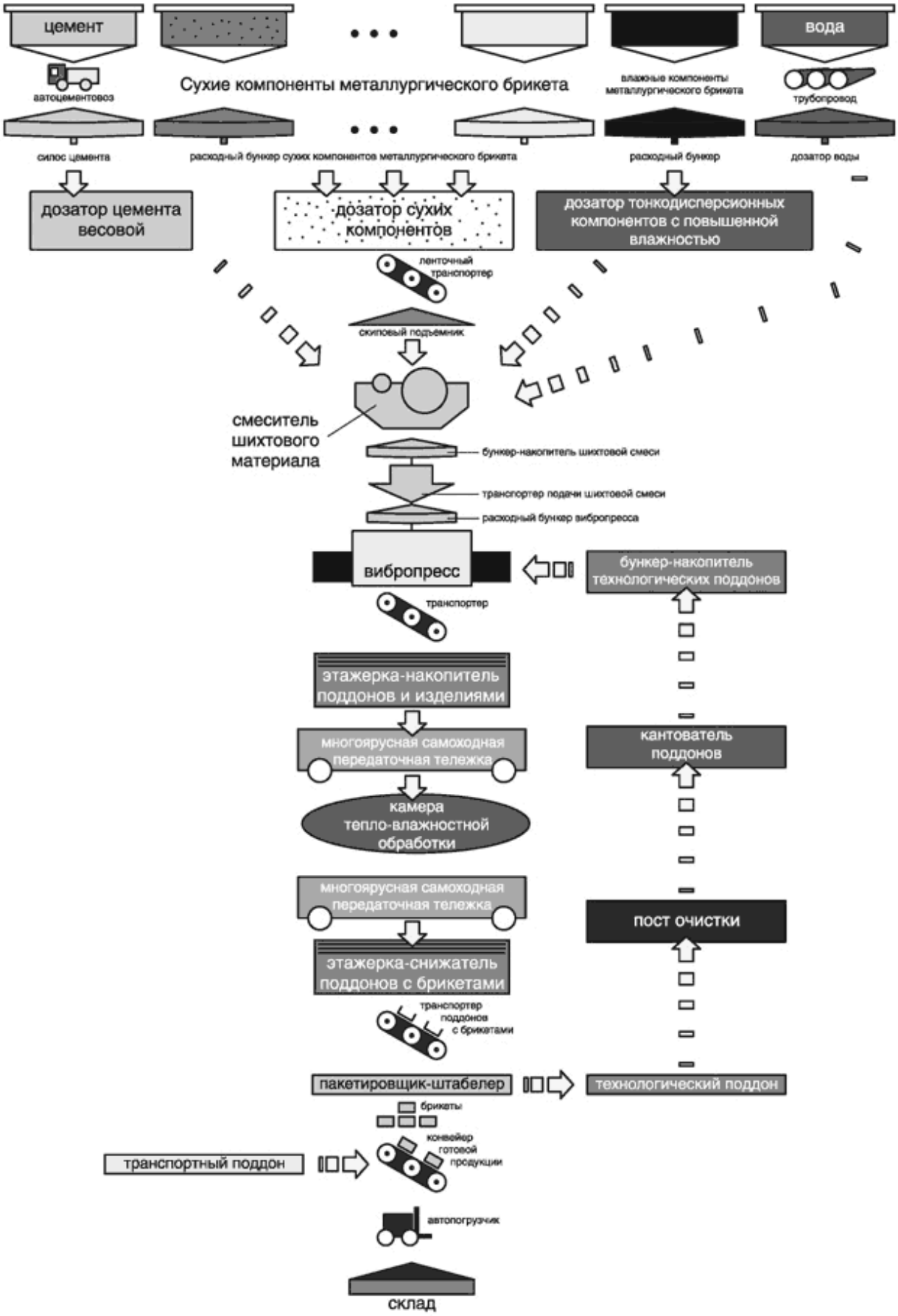

цемент
вода
Сухие компоненты металлургического брикета
автоцементовоз
влажные компоненты металлургического брикета
трубопровод
силос цемента
расходный бункер сухих компонентов металлургического брикета
расходный бункер
дозатор воды
дозатор цемента весовой
дозатор сухих компонентов
дозатор тонкодисперсионных компонентов с повышенной влажностью
ленточный транспортер
скиповый подъемник
смеситель шихтового материала
бункер-накопитель шихтовой смеси
транспортер подачи шихтовой смеси
расходный бункер вибропресса
вибропресс
бункер-накопитель технологических поддонов
транспортер
этажерка-накопитель поддонов и изделиями
многоярусная самоходная передаточная тележка
кантователь поддонов
камера тепло-влажностной обработки
многоярусная самоходная передаточная тележка
пост очистки
этажерка-снижатель поддонов с брикетами
транспортер поддонов с брикетами
пакетировщик-штабелер
технологический поддон
брикеты
транспортный поддон
конвейер готовой продукции
автопогрузчик
склад

Рисунок 1 – Схема производства металлургических брикетов по технологии

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ БРИКЕТОВ

В настоящее время разработан и выпущен целый ряд технических условий, отработаны составы металлургических брикетов, начиная от простых, в основу которых входит практически весь перечень железоуглеродосодержащих материалов.

По технологическому предназначению металлургические брикеты условно можно разбить на три крупных класса.

К первому классу относятся самовосстанавливающиеся брикеты, то есть компоненты брикета состоят из оксидов железа и углерода, идущего на восстановление и науглераживание восстановленного железа. В условиях восстановительной и окислительной атмосферы это соотношение различно. Вторичным фактором регулирования соотношения углерод/оксиды железа является открытая пористость брикета, которая в одном случае привлекает восстановительный газ в печи для процессов, идущих в теле брикета, в другом, не дает доступа кислорода для дополнительного окисления углерода. Основным принципом работы брикетов данного класса является прямое восстановление оксидов железа углеродом за счет многочисленных и сильно развитых контактов этих составляющих внутри брикетов.

Ко второму классу относятся металлургические брикеты, в которые не добавляются углеродистые составляющие, то есть их основой является восстановленное железо, оксиды железа и флюсующее вяжущее. Технологическая задача этих брикетов состоит в создании фракционной шихты с высоким содержанием железа из мелкофракционных и тонкодисперсных материалов, к которым можно отнести отсев чугунной дроби, чугунную стружку, металлоотсевы, дробленую стальную стружку, окалину и т.п. В данном случае экономический эффект достигается за счет улучшения газодинамики процесса, повышения содержания железа в шихте, уменьшения потерь шихты. Данный тип брикетов наиболее приемлем для шахтных печей.

К третьему классу относятся специальные брикеты и совмещенные с первым и вторым классами. Например, брикеты на основе прокатной окалины, имеющие высокое содержание железа общего, закиси железа (до 60 %), применяются как промывочный железосодержащий материал металлоприемников доменных печей, брикеты на основе титаносодержащих компонентов, наоборот, для наращивания гарнисажа.

Добавка мелкофракционных компонентов с высоким

содержанием марганца предназначается для выплавки марганцовистых литейных марок чугуна. Это в равной степени относится и к остальным легирующим компонентам, необходимым при производстве чугуна и стали. Брикеты этого класса, с добавлением углеродистой составляющей, частично объединяют преимущества первого и второго классов, то есть экономят кокс, улучшают газодинамику, увеличивают содержание железа, вносят легирующие компоненты. В данном случае требования к фракционности углеродистой составляющей снижаются и допускается в отдельных случаях применение отсева кокса с доменных печей без предварительного помола.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ В ДОМЕННОМ ЦЕХЕ ОАО «НКМК»

Наиболее значимый опыт применения брикетов на предприятии был в 2007 году. В доменном цехе в шихту ДП № 5 производился забор железо-углеродсодержащих брикетов марки БЖУК-45-15-100, изготовленных ООО «Темирская производственная компания» (УК «Сибирская горно-металлургическая компания») при технологическом сопровождении специалистов «ЭкоМашГео», в соответствии с ТУ 0320-003-95378356-07, в количестве 80,0 кг/т чугуна.

Состав брикетов марки БЖУК-45-15-100:

– 75 % - окисло-железосодержащие материалы (концентрат ОАО «ШГРЭ», окалина прокатного производства и др.);

– 17 % – углеродосодержащие материалы (коксовая мелочь, мелочь антрацита и прочее);

– 8 – 9 % - минеральное связующее.

По данным сертификатов ООО «ТПК» хим. анализ железосодержащих брикетов из отходов был следующим, % (масс.):

№ п/п	$Fe_{общ}$	S	C	CaO/ SiO_2
среднее	47,41	0,11	11,93	1,0

Предел прочности на сжатие, определенный в огнеупорной лаборатории ООО «НСК Огнеупор», составил в партиях от 2,03 до 8,0 МПа (по сертификату – не менее 5,0 МПа).

Брикеты были введены в доменную шихту на ДП № 5 в количестве 5 %. Работа с брикетами составила около 19 суток.

Всего проплавили 4947 т железо-углеродосодержащих брикетов.

Увеличение среднесуточного производства в опытном периоде составило 8 т.

При пофакторном анализе, где учитывались изменения железа в железорудной части шихты, забор в шихту металлодобавок, химсостав

чугуна и теханализ кокса, а также содержание кислорода в дутье, температура горячего дутья и давление на колошнике, получили уменьшение производства чугуна на 150 т. На этот показатель повлияли следующие факторы:

– расстройство хода печи при промывке от цинка;

– аварийная остановка печи из-за отсутствия электроэнергии;

– неравномерная поставка брикета;

– снижение качества кокса в опытном периоде.

Получены следующие результаты:

1. При введении в шихту железо-углеродсодержащих брикетов не произошло ухудшения доменной плавки.

2. С забором в шихту железо-углеродсодержащих брикетов наблюдалось увеличение среднесуточного производства в опытном периоде на 8 т. При пофакторном анализе получено уменьшение производства чугуна на 150 тонн, что не связано с введением в шихту брикетов.

Существенных изменений при выносе колошниковой пыли не наблюдалось.

3. При использовании железо-углеродсодержащих брикетов в количестве 80,0 кг /т чугуна получена экономия по коксу 4,3 кг/т чугуна.

Выводы.

К несомненным преимуществам брикета можно отнести следующее:

– брикеты имеют правильную одинаковую заданную форму и фиксированный вес, в заданном объеме содержат больше металла, обладают более высокой прочностью и лучшей транспортабельностью;

– обладают более высоким удельным весом;

– экологическая безопасность брикетов (безотходность, отсутствие высоких температур при изготовлении);

– возможность применения в брикете в любом соотношении углеродосодержащего наполнителя для активизации процессов в металлургической печи (карбюризатор, восстановитель, энергоноситель);

– весь кислород в брикете остается активным;

– возможность использования в брикете всех видов тонкодисперсных железо-флюсо-легиро-углеродо-содержащих материалов.

– прочность на удар и истираемость удовлетворяет предъявленным требованиям;

– горячая прочность пригодна для проплавки в доменной печи,

т.к. брикеты сохраняют свою форму и размеры до зоны температур 1250 – 1300 °С.

– пористость железо-углеродо-содержащего брикета составила 45 %, при требовании к такому виду шихты не менее 30 %, что позволит осуществлять восстановительные процессы окислов железа равномерно по всему объему брикета;

– прочность на сжатие составила 8,5 – 9,7 МПа.

Библиографический список

1. Равич Б.М. Брикетирование в цветной и черной металлургии. М.: «Металлургия», 1975.
2. Лурье Л.А. Брикетирование к металлургии. М.: «Металлургия», 1963.
3. Булгаков В.П., Булгаков Г.В.. Исследование минералогического состава окалиноуглеродистых брикетов в процессе восстановления. М. «Черная металлургия»., № 7, 1998.
4. Реферат И.М. Мищенко Утилизация окускованной углеродосодержащей металлургической пыли. «Производство чугуна»., 1998.
5. О.В. Юзов, В.А. Исаев. Анализ расхода основных ресурсов в черной металлургии России. Сталь. – № 10. – 1999.

УДК 658.567.1: 691.5

ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ЮГА КУЗБАССА В ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Столбоушкина О.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В результате многолетней работы предприятий горнодобывающей, энергетической, металлургической и других техногенных отраслей промышленности Кузбасса, на начало XXI века в регионе сложилась напряженная экологическая обстановка. Накоплены и ежегодно пополняются миллионы тонн минеральных отходов и попутных продуктов производства.

По Югу Кузбасса и в Новокузнецком районе годовой выход в отвалы только отходов обогащения железных руд Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики (АОАФ) составляет более 1500 тыс. м^3, Мундыбашской обогатительной фабрики – 700 – 800 тыс.

м^3. Пополнение отходов углеобогащения Мысковской ЦОФ «Сибирь» ежегодно насчитывает около миллиона тонн, Абашевской ЦОФ – 410 тыс. т, Кузнецкой ЦОФ – 850 тыс. т. Выбросы золошламовой смеси Западно-Сибирской ТЭЦ насчитывают 960 тыс. т, Томусинской ГРЭС – 800 тыс. т, Южно-Кузбасской ГРЭС – 400 тыс. т [1].

Таким образом, в настоящее время для региона жизненно необходима полномасштабная утилизация крупнотоннажных промышленных отходов. Вместе с тем, накоплен значительный опыт по использованию минеральных отходов Кузбасса в производстве строительных материалов.

На кафедре архитектуры и строительных материалов Сибирского государственного индустриального университета проводятся активные исследования в этой области. Одним из направлений является разработка ресурсосберегающих технологий керамического кирпича на основе отходов углеобогащения и шламистых железорудных отходов с использованием различных способов активации компонентов шихты (механоактивация, термоактивация, грануляция и др.).

В настоящей работе были исследованы керамические шихты двух основных составов. Первый состав на основе шламистой части отходов обогащения железных руд Абагурской обогатительной агломерационной фабрики (АОАФ), второй – на основе отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ [2].

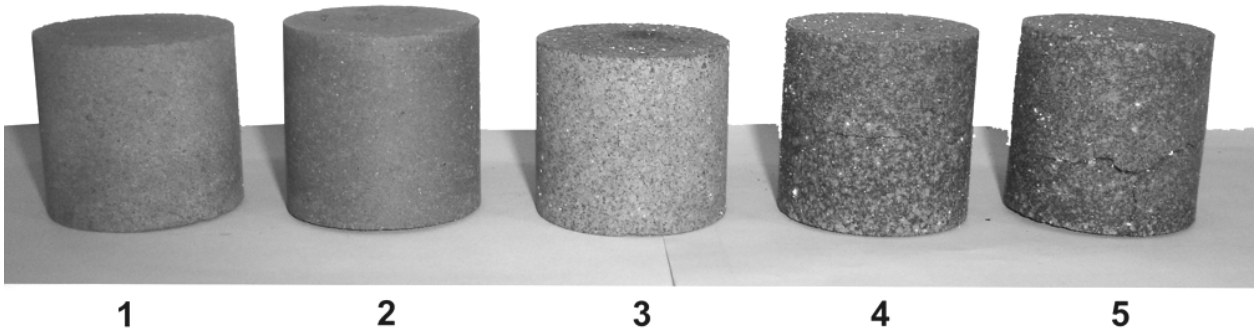
Для оптимизации пресс-порошков на основе шламистой части отходов обогащения железных руд были приготовлены шесть серий образцов диаметром 45мм и высотой 40 – 45мм, в которых последовательно изменялось содержание корректирующей добавки из отходов стекольного производства в количестве 0, 3, 6, 9, 12 и 15 % по массе. Отходы стеклобоя были активированы в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500 – 3000 см^2/г (рисунок 1).

Полученные экспериментальные данные по влиянию количества корректирующей тонкомолотой добавки стеклобоя на физико-механические свойства керамических образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные по влиянию количества корректирующей тонкомолотой добавки стеклобоя на физико-механические свойства керамических образцов

№№ п/п	Содержание добавки, %	Прочность при сжатии МПа	Средняя плотность, кг/м^3	Водопоглощение, %	ККК	Морозостойкость, цикл	Коэффициент размягчения

1	0	23,4	1800	14,5	13	25	0,87
2	3	25,5	1932	11,2	13,2	25	0,82
3	6	42,3	1950	9,72	26,7	25	0,92
4	9	20,2	1903	11,9	10,6	25	0,90
5	12	16,4	1860	13,1	8,8	25	0,87
6	15	10,1	1811	15,4	5,6	25	0,86



1, 2, 3, 4, 5 – содержание добавки
в количестве (масс. %): 3, 6, 9, 12, 15 соответственно

Рисунок 1 – Керамические образцы на основе шламистых железорудных отходов с тонкодисперсной добавкой стеклобоя

Экспериментально установлено, что использование в составе шихты тонкодисперсной добавки стеклобоя в количестве до 10 % не приводит к образованию выплавок на поверхности изделий. Образцы имеют ровную поверхность светло-коричневого цвета. Отсутствие трещин перепрессовки после обжига при температуре 1050 ^{o}C свидетельствует о том, что тонкодисперсная добавка стеклобоя оказывает положительное влияние на формовочные свойства шихты, обеспечивая оптимальную упаковку зерен при прессовании материала.

Согласно данных таблицы 1 оптимальное содержание корректирующей добавки составляет 5 – 10 % по массе и обеспечивает максимальные значения физико-механических свойств керамического черепка.

В результате проведенных исследований был установлен оптимальный состав шихты керамических образцов (масс. %):

– шламистая часть отходов обогащения

железных руд 55 – 60;

– суглинок новокузнецкий 30 – 35;

– отходы стекольного производства 5 – 10.

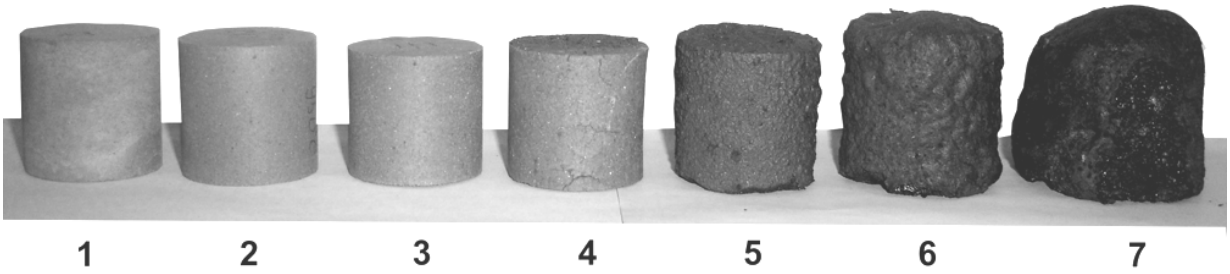
Для оптимизации состава пресс-порошков на основе отходов углеобогащения было приготовлено семь серий образцов диаметром 45 мм и высотой 40 – 45 мм, в которых последовательно изменялось содержание корректирующей добавки из отходов метизного производства ОАО «ЗСМК» в количестве 1, 2, 3, 5, 10 и 15 % по массе.

Исследование зависимости физико-механических свойств керамических образцов от количества метизной добавки в составе шихты приведено в таблице 2.

Экспериментально установлено, что содержание отходов метизного производства в количестве более 3 % по массе приводит к растрескиванию, оплавлению и вспучиванию образцов (рисунок 2).

Таблица 2 – Зависимость физико-механических свойств керамических образцов от количества метизной добавки в составе шихты

№№ п/п	Содержание добавки, %	Прочность при сжатии МПа	Средняя плотность, кг/м^3	Водопоглощение, %	ККК	Морозостойкость, цикл	Коэффициент размягчения
1	0	18,7	1674	18,5	11,2	12	0,87
2	1	22,5	1750	16,2	12,9	15	0,88
3	2	29,1	1807	14,4	16,1	24	0,87
4	3	24,9	1652	15,1	15,1	25	0,84
5	5	17,3	1424	13	12,1	–	0,94
6	10	6,9	1135	14,4	6,1	–	0,98
7	15	3,7	850	31,6	4,4	–	0,72



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – содержание добавки
в количестве (масс. %): 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15

Рисунок 2 – Керамические образцы на основе отходов углеобогащения с тонкодисперсной добавкой отходов метизного производства

В целом результаты исследований показали, что использование тонкодисперсной добавки отходов метизного производства в количестве, не превышающем 3 % по массе, способствует улучшению формовочных свойств шихты и повышает прочностные характеристики образцов.

Таким образом, ориентируясь на максимальное использование отходов, с введением в состав шихты корректирующей добавки отходов метизного производства для интенсификации процессов спекания при обжиге, был выбран оптимальный состав шихты (масс. %):

– отходы углеобогащения 70 – 75;
– суглинок новокузнецкий 20 – 25;
– отходы метизного производства 2 – 3.

После обжига при температуре 950 – 1000 ^{o}C получены керамические образцы с пределом прочности при сжатии 20 – 25 МПа.

Для оптимизации технологических параметров полусухого прессования керамических образцов была использована методика определения оптимальных значений давления прессования и влажности пресс-порошка, основанная на фиксации прироста деформации керамических масс при сжатии, которая может быть выражена графически в виде компрессионных кривых [3].

На начальной стадии прессования в результате приложения сжимающей нагрузки происходит сближение зерен и удаление воздуха из прессовки. По мере роста давления, осадка пресс-порошка вначале интенсивно развивается, затем начинает затухать, и при достижении некоторого давления, характерного для каждого вида прессовок, почти прекращается. Можно предположить, что для каждого порошка, с

присущими ему прессовочными свойствами, существует определенное давление, превышать которое не имеет смысла, т. к. за его пределами дальнейшее уплотнение прессовки почти не происходит.

В соответствии с разработанной методикой были подготовлены пресс-порошки с тремя различными значениями влажности (в пределах рационального интервала, общепринятого в технологии полусухого прессования) для оптимизированных составов керамических шихт. На специальной установке [3] определена осадка каждого из этих порошков в пресс-форме в зависимости от прикладываемого давления.

По полученным компрессионным кривым были установлены области и значения оптимального давления прессования исследуемых пресс-порошков в зависимости от их формовочной влажности. Рациональный интервал прессового давления соответствует участку плавного перехода кривой в прямую линию. Точка отрыва продолжения этой прямой от компрессионной кривой соответствует оптимальному значению давления прессования для шихты данной влажности.

В пределах установленного рационального интервала прессового давления были выбраны начальное, среднее и конечное значения сжимающей нагрузки (соответственно $P^i_Н$, $P^i_С$ и $P^i_К$, где i = 1, 2, 3 – порядковый номер влажности пресс-порошка W_i). И при полученных по кривым давлениях отпрессованы по три серии образцов для каждой влажности (рисунки 3, 4).

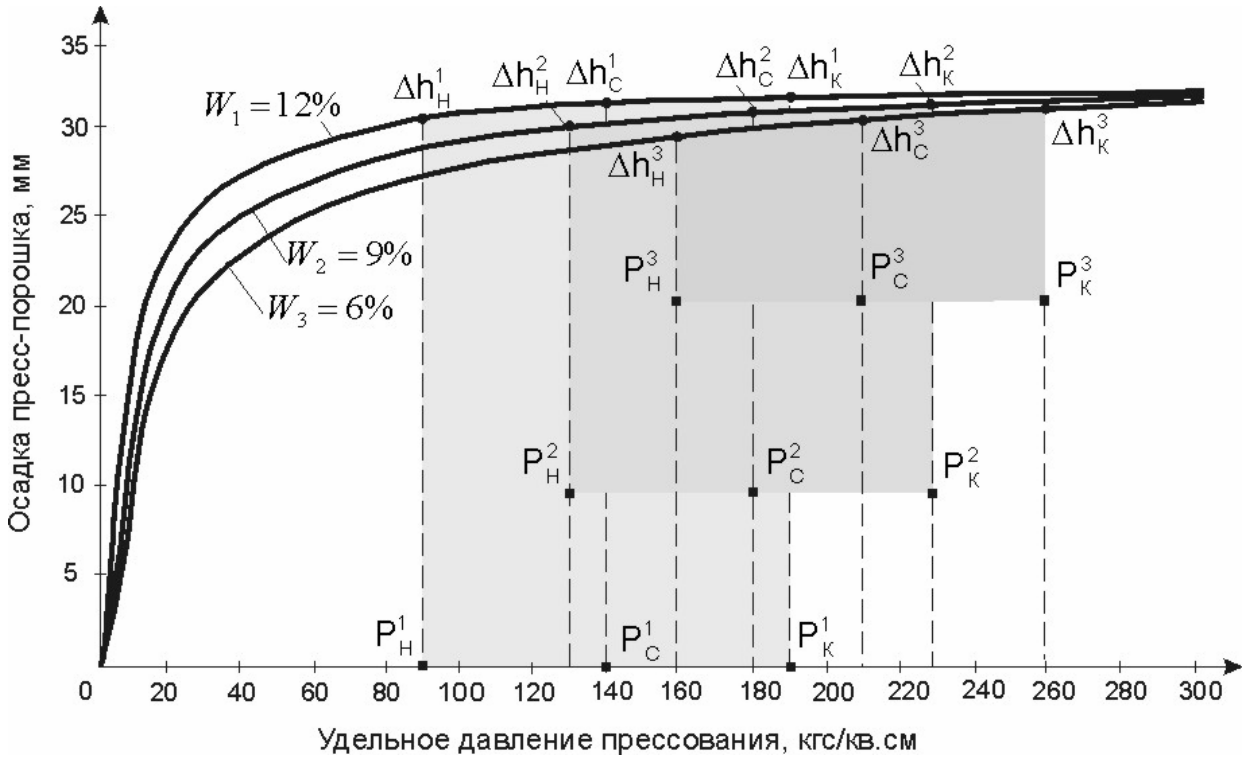


Рисунок 3 – Компрессионные кривые осадки керамических пресс-порошков на основе шламистой части отходов обогащения железных руд при формовочной влажности (*W*) 6, 9, 12 %

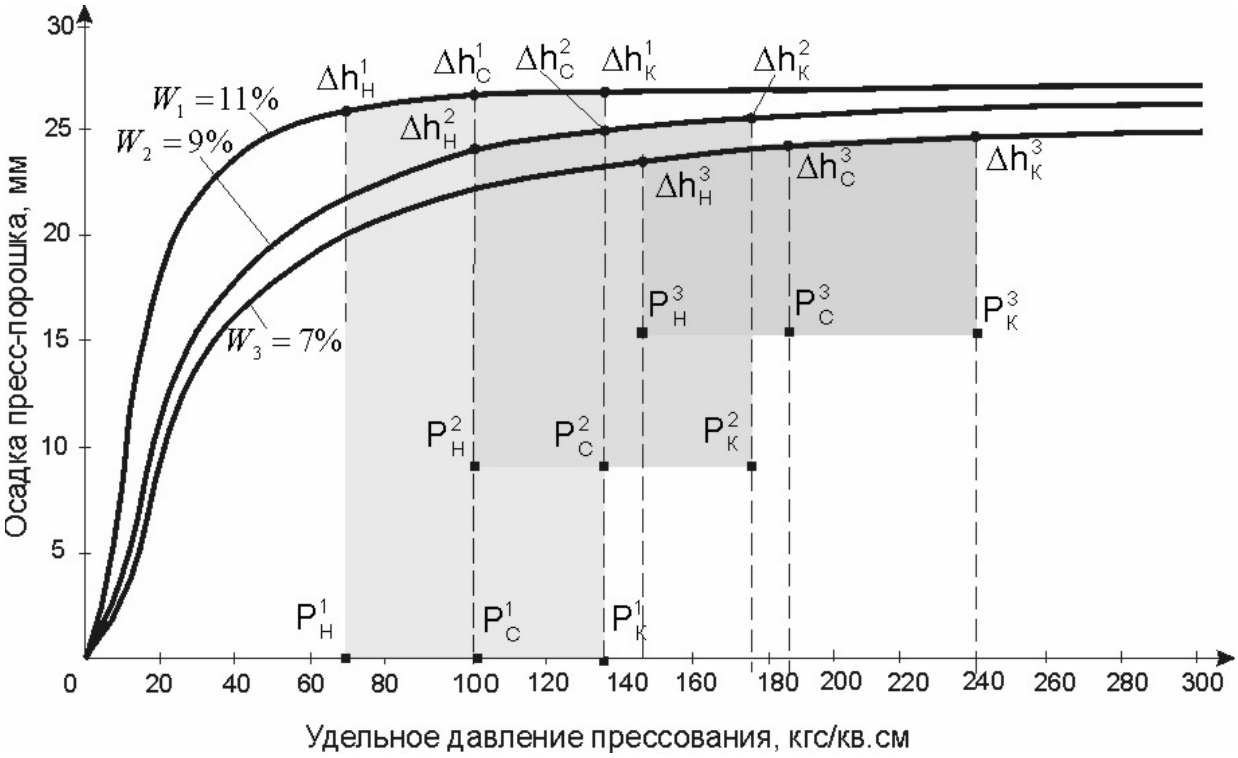


Рисунок 4 – Компрессионные кривые осадки керамических пресс-порошков на основе отходов углеобогащения при формовочной влажности (*W*) 7, 9, 11 %

Результаты предела прочности при сжатии керамических образцов из исследуемых шихт в зависимости от влажности пресс-порошка и давления прессования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты предела прочности при сжатии керамических образцов из исследуемых шихт в зависимости от влажности пресс-порошка и давления прессования

Наименование отходов	*W*, %	Осадка пресс-формы, мм			Давление прессования, кгс/см^2			Предел прочности при сжатии, МПа		
		$\Delta h_Н$	$\Delta h_С$	$\Delta h_К$	$P_Н$	$P_С$	$P_К$	$R_Н$	$R_С$	$R_К$
Шламистая часть отходов обогащения железных руд	6	29,6	30,6	31,3	160	210	260	17,8	19,5	29,2
	9	30,2	30,9	31,5	130	180	230	33,9	42,3	36,6
	12	30,7	31,6	31,8	90	140	190	31,9	32,8	29,6

АОАФ										
Отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ	7	23,6	24,9	24,7	150	190	240	15,5	18,4	15,5
	9	23,7	24,8	25,5	100	140	180	23,6	27,6	26,1
	11	26	26,6	26,8	70	100	140	20,2	26,9	32,8

Проведенные исследования показали, что для получения керамических образцов из шихты на основе шламистой части отходов обогащения железных руд оптимальное давление прессования составляет 18 – 20 МПа при влажности пресс-порошка 9 – 10 %. Оптимальные технологические параметры изготовления керамических образцов из шихты на основе отходов углеобогащения: давление прессования 13 – 15 МПа, влажность 10 – 12 %.

В заключение можно отметить, что проводимые нами исследования предполагают реальную возможность утилизации крупнотоннажных промышленных отходов Юга Кузбасса в производстве керамического кирпича полусухого прессования. Строительство кирпичных заводов снимет дефицит в керамических стеновых материалах и позволит ускорить восстановление экологического равновесия в регионе.

Библиографический список

1. Панова В.Ф. Строительные материалы на основе отходов промышленных предприятий Кузбасса: учеб. пособие / В. Ф. Панова. – Новокузнецк.: СибГИУ, 2005. – 182 с.
2. Формирование рациональной структуры керамических изделий полусухого прессования из минеральных отходов Кузбасса / А.Ю. Столбоушкин [и др.] // Строительные материалы. – 2008. – № 5. – С. 95–97.
3. Столбоушкин А.Ю. Определение параметров прессования керамического кирпича по компрессионных кривым / А.Ю. Столбоушкин // Труды НГАСУ, 2007, т. 8, – № 3 (40). – С. 15–21.

УДК 691:658.561.7

ОПЫТ ЛАБОРАТОРИИ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» СИБГИУ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ПАНОВА В.Ф.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Цель работы – рассказать о работе, проводимой учебной научно-исследовательской лабораторией «Строительные материалы» СибГИУ в области разработки технологий получения различных строительных материалов и изделий на базе промышленных отходов. Об участии в этой работе студентов, аспирантов, докторантов. О подготовке инженеров-строителей-технологов на архитектурно-строительном факультете.

Регион, в котором мы живем, отличается наличием горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности. На территории Кемеровской области расположены предприятия черной металлургии, среди них два металлургических комбината (НКМК и ЗСМК), заводы: Кузнецкие ферросплавы, Гурьевский металлургический завод; агломерационные фабрики: Абагурская и Мундыбашская; рудоуправления, занимающиеся добычей железорудного сырья. Среди предприятий цветной металлургии: Новокузнецкий алюминиевый завод, Беловский цинковый завод, комбинат обогащения руд цветных металлов – Салаирский ГОК; предприятия по добыче руд цветных металлов – Кия-Шалтырский нефелиновый рудник, прииск Алтайский, карьер барит. Черная металлургия на каждую тонну чугуна образует 0,7 – 0,8 т шлака, в цветной металлургии отходы в 2 – 3 раза больше. Энергетическая отрасль представлена тепловыми станциями. Их техногенные продукты: зола-унос и золо-шлаковые отходы гидроотвалов. Угольная промышленность – это угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия. Количество отходов при открытой добыче угля колеблется от 0,8 до 20 т на 1 т угля и в среднем составляет 4 т. Добыча подземным способом дает на 1 т угля около 0,25 т пустой породы.

Экономически обоснованным направлением использования отходов металлургии и энергетики является получение безобжиговых строительных материалов: вяжущего, силикатного бетона, шлакобетона и стеновых камней на их основе, безобжигового зольного и шлакового

легкого заполнителя.

Шлак и зола образуются при температурах 1300 – 1500 ^{o}C и содержат скрытую энергия (340-480 ккал/кг), которая используются технологом при получении различных строительных материалов. Например, для получения вяжущего наиболее эффективны быстроохлажденные стекловидные гранулированные доменные шлаки, которые имеют относительно однородный химический состав, в отличие от сталеплавильных. Медленно охлажденный отвальный шлак состоит в основном из кристаллической фазы, имеет высокую прочность на сжатие, низкую истираемость, рекомендуется как заполнитель в конструктивные, дорожные бетоны.

На сегодня обобщена методика оценки промышленного отхода по его химическому составу через коэффициент основности и определения области его применения. Например, коэффициент основности для отходов рекомендуемым в качестве вяжущего, должен быть в пределах 1,2 – 1,6. Зная химический состав, расчетом можно определить минералогический состав получаемого вяжущего, количество активизирующего «основного» или «кислого» компонента. В качестве последних апробированы и рекомендованы отходы, содержащие щелочные оксиды (CaO, Na_2O, K_2O). В качестве «кислых» отходов, в которых преобладают SiO_2, Al_2O_3, рекомендованы обожженная глина, глиежи, горелые породы. Промышленные отходы с коэффициентом основности менее 0,8 рекомендуются для обжиговых изделий. К ним относятся породы добычи и обогащения угля и руды, которые содержат гидро- и моносиликатные составляющие, т.е. глинистые минералы от 15 до 25 %.

Применение этой методики нашло отражение в учебном пособии «Строительные материалы на основе отходов промышленных предприятий Кузбасса», а также в методических указаниях «Оценка качества промышленных отходов как сырья для производства строительных материалов» (автор Панова В.Ф.). Впервые собраны данные по виду, составу и свойствам твердых отходов Кузбасса, рассмотрено их место в классификационной системе. В книге приведены примеры подбора, расчета состава шихт, методы планирования эксперимента, показаны результаты внедрения в производство.

Лабораторией «Строительные материалы» разработана технология получения декоративного шлакового бесклинкерного вяжущего на основе доменного граншлака. Установлены параметры получения отбеленного шлака, определено количество активизирующих и декоративных добавок. Изучены вопросы

повышения водоудерживающей способности шлакового вяжущего, влияние на его свойства активизирующих добавок и пигментов. В качестве последних изучены промышленные отходы в виде газоочистной пыли ферросплавного завода, пыли газоочистки известкового хозяйства ЗСМК, отработанной формовочной смеси (ОФС) литейного цеха, сульфатных продуктов коксохимического производства. Разработаны составы бетона плотной структуры на основе медленноохлажденного шлака.

Всем известен кирпичный завод, работающий на отходах углеобогащения ЦОФ Абашевская. Сегодня ведется разработка рекомендаций по улучшению качества продукции, подбираются плавни для отощенного суглинистого сырья. Установлено, что активизировать керамическую шихту эффективно введением суглинистой суспензии или введением плавней в виде металло-масляной окалины из вторичных отстойников.

Лаборатория «Строительные материалы» СибГИУ накопила определенный опыт работы с различными техногенными продуктами: металлургическими шлаками и другими отходами металлургического производства; отходами углеобогащения. За последние годы подготовлены и защищены несколько диссертаций, на подходе еще одна кандидатская и докторская работы.

Завершена работа по исследованию процессов грануляции и твердения безобжиговоых заполнителей для бетонов на основе тонкомолотых доменных шлаков с изучением свойств, структуры и минерального состава заполнителей и контактной зоны с растворной частью бетона (диссертационная работа Рыжкова Ф.Н.). При этом установлено следующее:

– обоснованы составы и технологические параметры получения гранулированных заполнителей на основе тонкомолотого доменного шлака и в зависимости от состава и структуры заполнителя целесообразно применять одно- или двухступенчатую схему гранулирования шихты;

– при получении гранулированных материалов с максимальным выходом фракций 10 – 20 мм оптимальная влажность шихт составляет 24 – 26 %. Максимальная гранулируемость формовочных шихт обеспечивается при угле наклона тарели гранулятора равном 40 – 45 град., а оптимальное время гранулирования шихт равно 4 – 6 мин.;

– получены безобжиговые заполнители на основе шлаковых, шлакоцементных и шлакозольных смесей и смесей с применением микрокремнезема прочностью гранул 90-184 Н/гранула и прочностью при сжатии в цилиндре 8 – 15 МПа;

– установлено, что использование заполнителей на основе тонкомолотого шлака ранней стадии твердения позволяет повысить их адгезионную прочность к растворной части бетона на 18 – 20 %, а прочность бетона на их основе на 25 – 30 % по сравнению с применением заполнителей более поздних сроков твердения;

– применение в составе бетонных смесей безобжиговых шлаковых заполнителей с неполной степенью гидратации и структурообразования обеспечивает получение бетонов со средней плотностью 1000 – 1800 кг/м^3 и прочностью при сжатии 12 – 20 МПа в зависимости от вида мелкого заполнителя.

Изучены процессы поризации, структурообразования и получения газобетона неавтоклавного твердения на основе тонкомолотого доменного шлака (диссертационная работа Камбалиной И.В.). Получены следующие результаты:

– разработаны составы шлакогазобетона на композиционном шлаковом вяжущем, позволяющие получать шлакогазобетонные изделия со средней плотностью 500 – 700 кг/м^3, прочностью при сжатии 1,8 – 3,0 МПа и фактической теплопроводностью 0,12 – 0,17 Вт/м^{0}С;

– установлено, что повышение температуры формовочного шлама вызывает увеличение средней плотности газобетона, что связано с быстрым набором структурной прочности, препятствующей дальнейшему вспучиванию смеси. Оптимальной является температура формовочного шлама 38 – 40 ^{0}С. Повышение температуры формовочного шлама приводит к снижению прочности шлакогазобетона;

– установлено, что первоначальная тепловлажностная обработка шлакогазобетона активизирует процесс набора прочности при дальнейшем его твердении в нормальных условиях за счет ускорения процессов гидратации аморфной и кристаллической фаз составляющих шлак в присутствии щелочного и сульфатного компонента, увеличение прочности составляет 45 – 60 %;

– установлено, что применение в качестве наполнителя газобетона отвального доменного шлака кристаллического строения обеспечивает увеличение прочности в 1,8 – 2 раза за счет комплексного твердения композиционного шлакового вяжущего и гидравлической активности шлака как наполнителя.

Определены факторы и установлены зависимости, влияющие на повышение активности, степени белизны доменного гранулированного шлака и уменьшения его водоотделения с обоснованием составов и параметров получения мелкозернистого декоративного шлакобетона и

изделий на его основе (диссертационная работа Панова С.А.). Получены следующие результаты:

– для активизации и снижения водоотделения шлака могут быть использованы техногенные продукты металлургии: газоочистная пыль производства извести; газоочистная пыль ферросплавного завода; попутный продукт коксохимического производства – сульфатсодержащее вещество; отработанная формовочная смесь литейного производства как инициатор помола; отход метизного производства – как пигмент;

– определены режимы отбеливания шлакового расплава, позволяющие получать шлак со степенью белизны 65 – 70 %. Процесс получения отбеленного шлака: оптимальное время выдержки расплава в ковшах 30 – 45 минут, используемый объем расплава для грануляции 70 – 75 %. Грануляция обеспечивает дополнительное «водное» отбеливание;

– определены параметры механической, химической и тепловой активации шлака, позволяющие повысить его прочность при сжатии до 27 МПа. После 28 суток и применения ТВО прочность при сжатии бетона на декоративном шлаковом вяжущем и граншлаковом заполнителе достигает 33,5 МПа;

– установлено, что в качестве декоративного наполнителя в шлакобетоне целесообразно использовать дисперсный красный порошок – отход метизного производства в количестве не более 5 % в комплексе с отбеленным граншлаком, а также обожженные глиносодержащие породы, например, бой кирпича, после дробления и помола в количестве до 30 %.

Как результат работы лаборатории «Строительные материалы» получены патенты на изобретения: № 2232139 от 10.07.2004 «Декоративный шлаковый цемент»; № 2232735 от 23.12.2002 «Сырьевая смесь для изготовления стеновых изделий»; №2296726 от 24.04.2007 «Силикатная смесь для приготовления декоративного кирпича»; № 2259976 от 10.09.2005 «Сырьевая смесь для изготовления легкого бетона»; № 2258684 от 20.08.2005 «Сырьевая смесь для изготовления керамической плитки»; № 2327668 от 27.06.2008 «Сырьевая смесь для получения керамических изделий»

Начиная с 1996 г. на архитектурно-строительном факультете СибГИУ открыта новая специальность «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Студенты активно участвуют в исследовательской работе лаборатории, осваивают методики на лабораторных занятиях и УИРС. Дипломные проекты посвящены разработке технологических линий по производству строительных

изделий на основе местного сырья и техногенных продуктов. Результаты студенческих исследований публикуются в ежегодном сборнике «Наука и молодежь». Лучшие студенты продолжают работать в лаборатории, защищают диссертации.

УДК 666.762.1.004.8

БЕЗОБЖИГОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЬНЫХ ОТХОДОВ

ГЛАДКИХ И.В., ВОЛЫНКИНА Е.П.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Несмотря на то, что в последние годы накоплен большой опыт использования зольных отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС, значительное количество проведенных исследований, объем потребления золы-уноса в Кемеровской области остается незначительным – на уровне 10 – 15 % (в Новокузнецке 0,5 %) ежегодного выхода золошлаковых отходов [1]. Только за период 2002 – 2006 гг. уровень использования золошлаковых отходов снизился более чем в 2 раза – с 21,3 до 9,7 % (рисунок 1). Это предопределяет необходимость разработки новых способов применения золосодержащих отходов в качестве вторичного сырья и усовершенствования известных технологий.

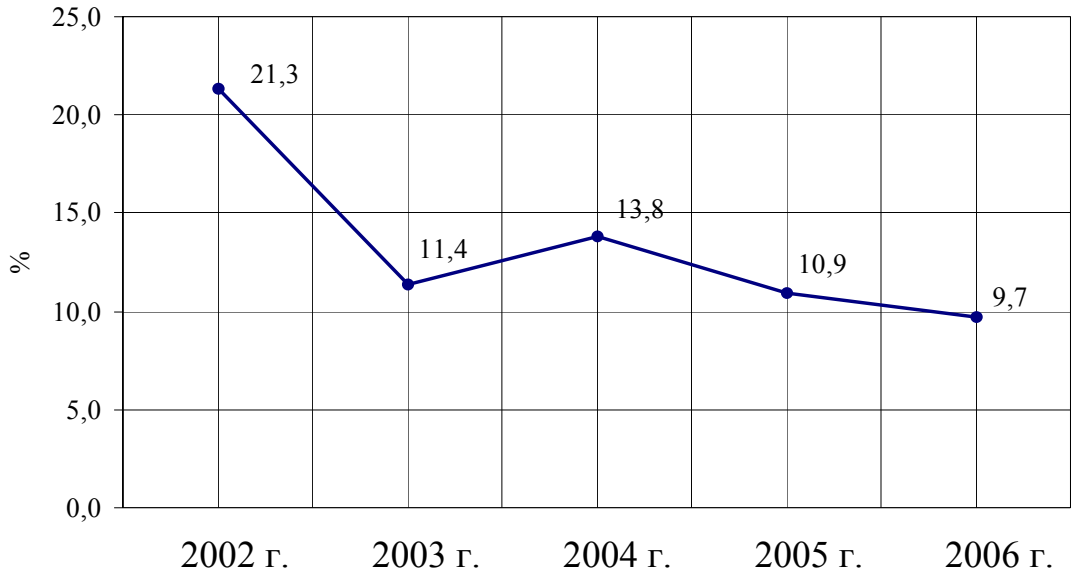


Рисунок 1 – Динамика использования золошлаковых отходов за период 2002 – 2006 гг.

В ранее проведенных исследованиях [2, 3] были определены структура, состав и свойства одного из видов золошлаковых отходов Западно-Сибирской ТЭЦ – зольных микросфер (золосфер). Несмотря на их уникальные свойства (сферическая форма, низкая плотность и теплопроводность, достаточная прочность, высокая температура плавления), в настоящее время микросферы вместе с золошлаковыми отходами выводят на шламохранилище ОАО «ЗСМК», где они скапливаются в больших количествах и создают дополнительную экологическую напряженность в регионе.

Зольные микросферы представляют собой спекшиеся стекловидные алюмосиликатные сферические образования, заполненные смесью газообразных продуктов горения пылевидных углей (N_2, CO_2 SO_2, O_2 и H_2O). Предполагается, что образование золосфер происходит следующим образом. При высокотемпературном нагреве и плавлении зольных частиц газообразные продукты горения углей, продукты разложения карбонатов и сульфидов образуют в расплаве субмикронные пузырьки газа. В газовом потоке расплав дробится на мельчайшие капли, которые увеличиваются в размерах вследствие увеличения объема газовых включений. Условием образования полых микросфер является равенство сил поверхностного натяжения капель расплава и внутреннего давления газа.

Механизм образования золосфер предполагает значительное увеличение (в 15 раз) их размеров по сравнению с частицами золоуноса. Диаметр микросфер колеблется от нескольких микрометров до 1 мм и зависит от условий сжигания угля, распределения частиц, поданных на сжигание, температуры плавления частиц, поверхностного натяжения капель, условий диспергирования расплавленных частиц в газовом потоке и др. [4].

В Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ) проведены исследования по получению безобжиговых композиционных материалов с использованием зольных микросфер Западно-Сибирская ТЭЦ. Было изучено влияние компонентного состава, способов формования, температуры тепловой обработки на физико-технические характеристики изделий. Образцы из золосфер получали ручным трамбованием и прессованием из полусухих масс. Выдержку изделий проводили в течение суток на воздухе при 20 ^{0}С. Термообработку осуществляли при температурах 130 и 600 ^{0}С в течение 12 ч.

В исследованиях использовали 2 вида вяжущих: жидкое натриевое стекло и водную керамическую вяжущую суспензию (ВКВС) кремнеземистого состава, полученную на основе пыли-уноса (микрокремнезема) печей ОАО «Кузнецкие ферросплавы». ВКВС представляет собой легко подвижную жидкость, состоящую из воды и частиц аморфного кремнезема в качестве дисперсной фазы [5]. Размеры частиц золя колеблются в пределах 5 – 100 нм и более, а концентрация их достигает 50 % и выше. Плотность ВКВС составляет 1,35 – 1,4 г/см^3, вязкость 1,2 – 1,56 Па·с, pH = 10 – 12. Используемое в исследованиях жидкое стекло (ГОСТ 13078-81 ТУ) характеризовалось плотностью 1,46 г/см^3, силикатным модулем 2,5.

В качестве отвердителя жидкого стекла вместо кремнефтористого натрия – дефицитного, дорогостоящего, канцерогенного вещества использовали саморассыпающийся шлак сталеплавильного производства. Этот шлак содержит достаточное количество силикатов кальция β– и γ–$2CaO \cdot SiO_2$, обеспечивающих нормальное протекание процессов твердения. Компоненты шлака изменялись в следующих пределах (мас. %): CaO = 45 – 50; SiO_2 = 10 – 20; MgO = 6 – 15; MnO = 6 – 12; Al_2O_3 = 5 – 7; FeO = 10 – 30; Fe_2O_3 = 4 – 6; P_2O_5 = 0,5 – 1,5. Опытным путем установлено, что оптимальное содержание шлака составляет 10 % по массе сырьевой смеси, поскольку дальнейшее увеличение приводит к снижению механической прочности изделий.

В таблице 1 представлен компонентный состав исследуемых масс.

Таблица 1 – Компонентный состав исследуемых масс

№ состава	Содержание компонентов, мас. %			
	зольные микросферы	вяжущее		шлак
		жидкое стекло	ВКВС	
1	80	10	-	10
2	70	20	-	10
3	60	30	-	10
4	90	-	10	-
5	80	-	20	-
6	70	-	30	-

Образцы, упрочненные трамбованием, не дали положительных результатов при получении достаточно прочного сырца после выдержки на воздухе и последующей низкотемпературной сушки. Прочный сырец, который затем подвергался дальнейшей термообработке, был получен методом полусухого прессования.

Давление прессования варьировали в пределах не более 5 – 10 МПа во избежание разрушения сферической формы золосфер. В результате исследований установили, что образцы, отпрессованные при давлении 10 МПа, имели трещины в плоскостях (ближе к штампам) параллельных плоскости прессования. Это так называемые трещины расслаивания, характерные для изделий, спрессованных из порошков [6]. Причинами этого явления являются упругое расширение запрессованного воздуха в сырце, упругое сжатие самой формы, в которой прессуется изделие, влияние «барического рельефа». Учитывая эти обстоятельства, оптимальное давление прессования приняли равным 5 МПа.

Для определения оптимального компонентного состава безобжиговых композиционных материалов на основе золосфер с заданными свойствами была проведена серия опытов. Исследовалось влияние вида вяжущего и его количества на физико-технические характеристики образцов (рисунок 2).

Из рисунка видно, что плотность, пористость и теплопроводность определяются главным образом не видом связующего, а его содержанием (некоторое различие в показателях вызвано содержанием шлака в составах на жидком стекле). Так, при увеличении содержания вяжущего в смеси кажущаяся плотность образцов на жидком стекле возрастала с 1,26 до 1,4 г/см^3, на ВКВС – с 1,0 до 1,38 г/см^3; пористость снижалась от 48 до 43 % и с 52 до 45 % для образцов на жидком стекле и ВКВС, соответственно; % теплопроводность изменялась от 0,11 до 0,17 Вт/(м·К).

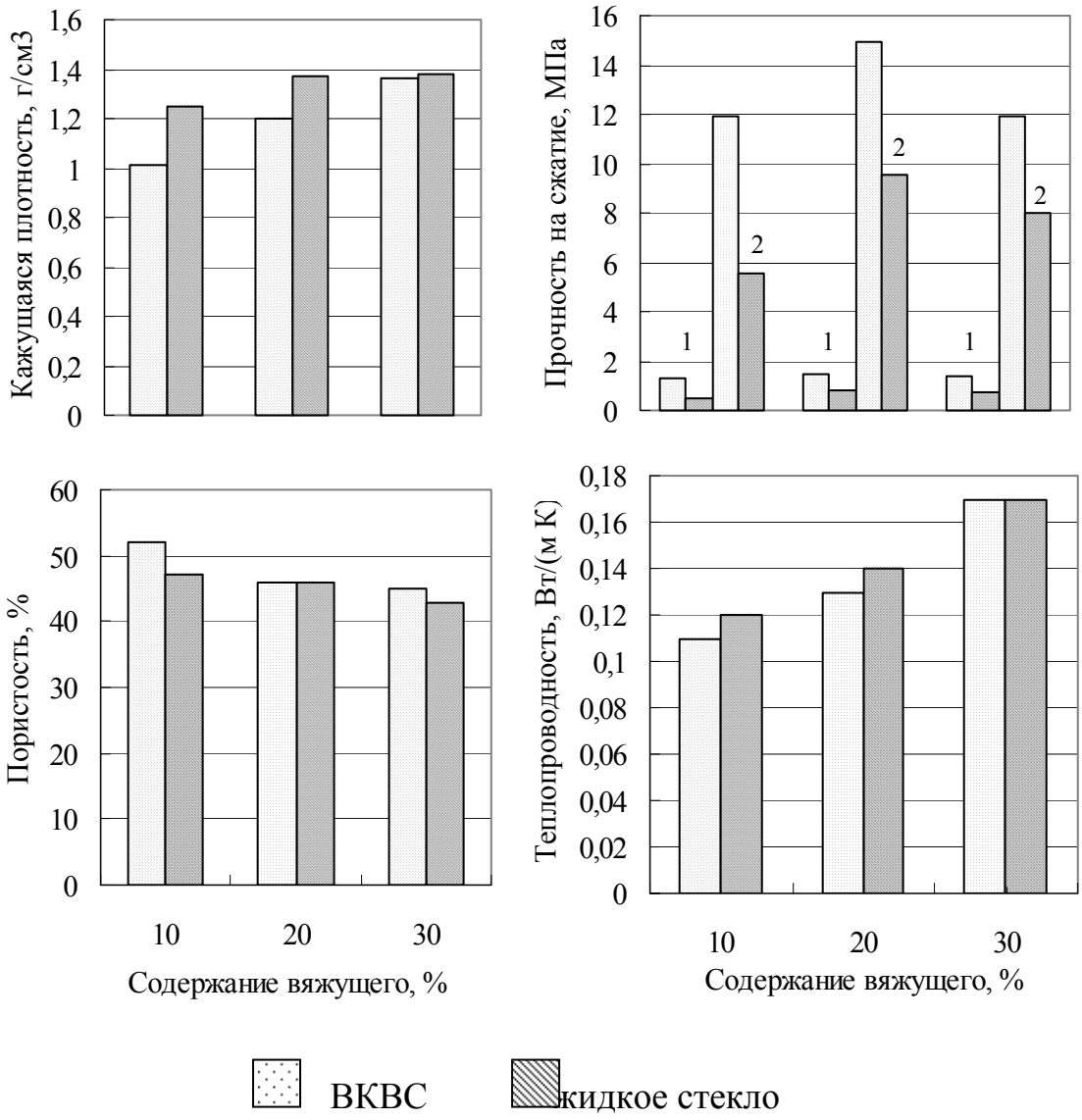


Рисунок 2 – Зависимость физико-технических свойств образцов на основе золосфер от вида вяжущего и его содержания в сырьевой смеси (цифры соответствуют температурам термообработки: 1 – 130 ^{0}С, 2 – 600 ^{0}С)

Такие низкие значения коэффициентов теплопроводности при относительно невысоких показателях пористости и сравнительно высокой плотности объясняются тем, что в процессе формообразования не была нарушена целостность сферических частиц, и они сохранили свою структуру в первозданном виде. Это предположение подтвердили микроснимки образцов, полученные с помощью микроскопа ПОЛАМ Р-112 в проходящем свете (рисунок 3).

Из полученных данных (рисунок 2) видно, что прочностные

свойства изделий в большей степени зависят от самого вяжущего. Образцы на основе ВКВС приобретали вполне достаточную прочность при сжатии после сушки уже при температуре 130 ^{0}С – 1,3-1,5 МПа, тогда как образцы на основе жидкого стекла при этой же температуре – 0,5-0,8 МПа.

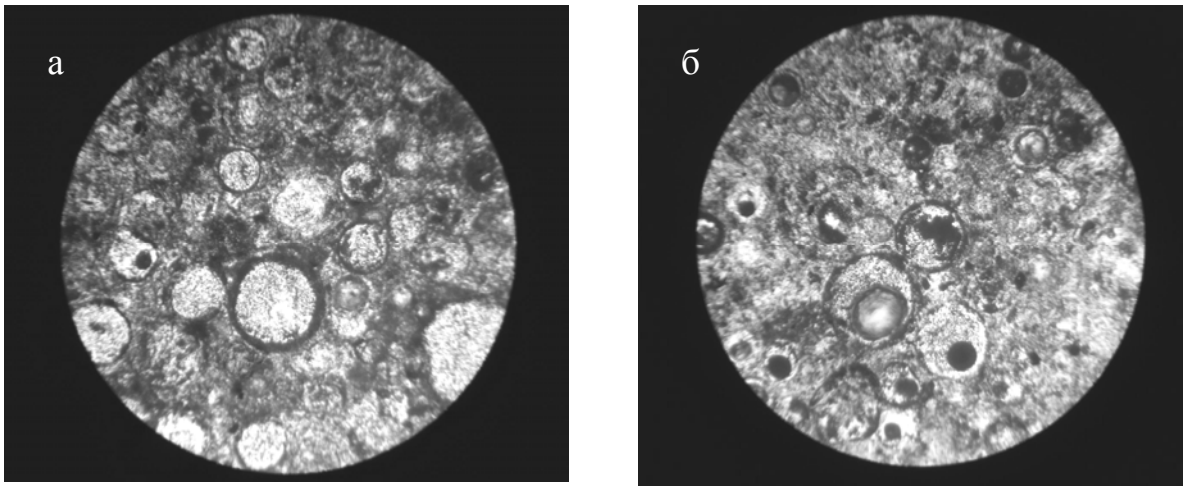


Рисунок 3 – Изображения шлифов образцов на жидком стекле (а) и ВКВС (б) (проходящий свет, увеличение ×100)

После термической обработки при температуре 600 ^{0}С прочность образцов на основе ВКВС составила 14,9 МПа, на жидком стекле – 9,55 МПа.

Более высокие значения прочности образцов на основе ВКВС обусловлены механизмом конденсационного структурообразования, при котором происходит объединение твердых частиц в пространственную сетку с возникновением межчастичных фазовых контактов. К тому же, в составах образцов с ВКВС отсутствует саморассыпающийся шлак, который используется в качестве отвердителя жидкого стекла, но при этом отрицательно влияет на прочностные характеристики.

При содержании связующих, являющихся водорастворимыми, 30 % по массе смеси и выше отмечено снижение прочности изделий на обеих связках, как после низкотемпературной сушки, так и после термической обработки. Это объясняется, по-видимому, тем, что массы с излишней влажностью ведут себя при прессовании как упругое тело, т.е. после прекращения сжатия они расширяются, снижая тем самым прочностные свойства сырца уже на стадии формования. Кроме того, вода при прессовании участвует в передаче давления. Поскольку вода, как и частицы твердого тела при прессовании не сжимается, то максимальное уплотнение массы достигается тогда, когда объем массы

равен сумме объемов твердых частиц и воды. Давление, при котором достигается такая плотность, называют критическим. Если давление, развиваемое в массе, больше критического, то наступает перепрессовка, в результате чего образуются трещины в сырце и резко снижается его прочность.

Проведенные эксперименты показали, что оптимальными составами, способствующими получению из зольных микросфер безобжиговых композиционных материалов с низкой теплопроводностью и достаточными показателями механической прочности, плотности и пористости, являются составы № 2, 4, 5 (таблица 1). Из вяжущих, используемых в работе, предпочтительным является ВКВС, поскольку изделия на его основе обладают более высокими прочностными характеристиками, чем на жидком стекле, при этом исключается высокотемпературный обжиг.

Библиографический список

1. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2005 году» : Государственный доклад [Электронный ресурс] / Государственное учреждение «Областной комитет природных ресурсов» // Режим доступа: http://ineca.ru/?dr=library&pg=biblio/2005.
2. Волынкина Е.П. Золосферы Западно-Сибирской ТЭЦ – отход или уникальный материал [Текст] / Е.П. Волынкина, И.В. Гладких // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе : сб. докл. Первой Межд. научн.-практ. конф. СибГИУ. – Новокузнецк – 2005. – С.181-184.
3. Гладких И.В. Исследование свойств микросфер золы Западно-Сибирской ТЭЦ [Текст] / И.В. Гладких, Е.П. Волынкина // Металлургия России на рубеже XXI века : сб. научн. тр. Межд. научн.-практ. конф. СибГИУ. – Новокузнецк – 2005. – С.316-319.
4. Shibaoka M. Genesis of chair and ash plerospheres [Текст] / M. Shibaoka, C.A.J. Puulson. // Fuel. – 1986. – V. 65(7). – C. 1020-1022.
5. Патент №2144552 России, МКИ 7 С 02 J 1/02, Способ получения силикатного клея – связки/ К.А. Черепанов, В.А. Полубояров, Е.П. Ушакова и др. – №98106273/04; Заявл. 08.04.98; Опубл. 20.01.2000, Б.И. № 2.
6. Ценке В.И. Трещины расслаивания при полусухом способе прессования керамических изделий и меры борьбы с ними [Текст] / В.И. Ценке // Улучшение качества глиняного кирпича : сб. науч. тр. – М.: Легкая индустрия, 1964. – 121с.

УДК 666.72

РАСШИРЕНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Карпачева А.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Сегодня остро стоит проблема утилизации отходов промышленных предприятий. Одним из возможных решений является использование их для производства строительных материалов и изделий. Опыт показал, что отходы, получаемые при обогащении угля, могут быть использованы для обжиговых материалов – кирпича и керамической плитки. Ежегодный выход отходов углеобогащения в горнодобывающей и обогащающей промышленности РФ составляет более 13 млн. т, часть из которых используется в строительстве, а остальная часть складируется в отвалы. На территории г. Новокузнецка работает 3 обогатительных фабрики, которые образуют ежегодно около 1 млн. т отходов углеобогащения, целенаправленная технологическая реализация которых снизит дефицит сырья и стоимость строительных материалов, в частности в Кузбассе.

В качестве исходного сырья использованы отходы гравитационного обогащения угля. Проведены исследования свойств отходов углеобогащения обогатительных фабрик г. Новокузнецка; отмечены их особенности как сырья для производства керамических стеновых материалов. Основными оксидами в составе отходов углеобогащения являются: 53 – 55 % SiO_2, 16 – 18 % Al_2O_3, 3,5 – 4 % CaO, 1 – 1,5 % MgO. Содержание оксидов железа – Fe_2O_3 колеблется от 3,0 до 4,0 %. Согласно «Нормам радиационной безопасности» (НБР-99) по удельной эффективности естественных радионуклидов отходы углеобогащения относятся к первому классу материалов, которые могут использоваться для изготовления изделий, применяемых в жилых и общественных зданиях.

Для отходов углеобогащения характерно отклонение от нормы оксидов алюминия, кремния, кальция и содержания плавней. Результаты исследования минералогического состава показали, что в состав входят: глинистые минералы, углистое вещество, кварц, полевые шпаты, слюды, гематит, магнетит и другие вещества. Глинистые минералы представлены в основном гидрослюдами и каолинитом.

Содержание глинистых веществ колеблется в пределах 10 – 16 %,

что соответствует суглинкам*. Исследование пород обогащения разных фабрик подтвердили низкой содержание глинистой составляющей с преобладанием пылевидной составляющей.

При выполнении эксперимента проведен подбор оптимального гранулометрического состава керамической шихты с применением математического планирования эксперимента. Применялась методика рационального планирования шестифакторного эксперимента, позволяющая так спланировать сочетание различных факторов, чтобы при минимальном числе опытов равномерно учесть все возможные их сочетания, одновременно графически выразить зависимость от основных факторов. Рассматривалось влияние на прочность при сжатии, среднюю плотность и коэффициент конструктивного качества шести переменных факторов: содержания фракций 2,5, 1,25, 0,63, 0,315, 0,16 и фракции менее 0,16 мм. Факторы и уровни их применения приняты на основе литературных источников. Содержание фракций изменялось от 0 до 30 % с интервалом 5 %. По результатам испытаний проведено усреднение значений по факторам и построены зависимости прочности при сжатии от гранулометрического состава (рисунок 1).

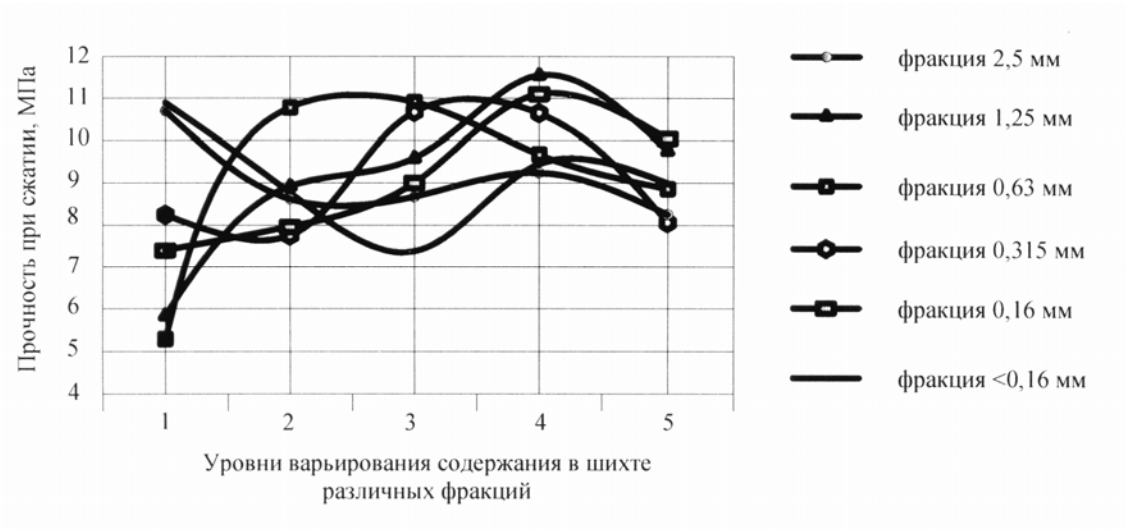


Рисунок 1 – Влияние прочности при сжатии керамических образцов от содержания в шихте различных фракций

Исследования показали, что максимальные значения предельной прочности на сжатие, минимальные значения средней плотности и максимальные значения коэффициента конструктивного качества получены при определенных гранулометрических составах (таблица 1).

---

* Августиник А.И. Керамика / А.И. Августиник – Л.: Стройиздат, 1975. – 592 с.

Таблица 1 – Оптимальные гранулометрические составы керамической шихты на основе отходов обогащения угля

Показатель	Содержание фракций, %					
	2,5 мм	1,25 мм	0,63 мм	0,315 мм	0,16 мм	менее 0,16 мм
Предел прочности при сжатии	-	10	15	15	30	30
Средняя плотность	5-10	5	25	15	20	30
Коэффициент конструктивного качества	-	10	15	15	30	30

Максимальным содержаниям фракций 0,315 мм и менее 0,16 мм соответствуют максимальные значения предельной прочности, то есть фракции 0,315 мм и менее должно быть в шихте 65 – 75 %, содержание фракции 1,25 мм – не более 8 %.

Механическая активация отходов углеобогащения обеспечивается их тонким помолом до удельной поверхности 400 $м^2$/кг с целью снижения содержания свободного углерода. В породе различных фракций содержание углерода разное (таблица 2) – наименьшее во фракциях – 20 мм, поэтому эта фракция подвергалась дроблению и помолу. Термическая активация отходов углеобогащения заключалась в выгорании свободного углерода, содержащегося в них. Термообработка проводилась при температурах 400, 500 и 600 ^{0}С в течение 20 минут. Максимальное снижение содержания свободного углерода наблюдается в отходах фракцией 2,5 мм (с 14,57 до 1,46 %) при температуре термообработки 500^{0}С. В целом снижение свободного углерода составило 3 – 4 % (до 2 – 4 %). В дальнейшей работе применялась термоактивированная порода.

Таблица 2 – Содержание углерода в отходах углеобогащения различных фракций

Фракции, мм	Зольность, %	Количество углерода, %		ППП до термообработки, %
		до термообработки	после термообработки при t = 500 ^{0}С	
2,5	79,7	14,57	1,46	23,94
5	87,8	7,21	3,50	15,22
10	88,9	6,54	3,94	14,15
20	89,0	6,29	4,30	13,48

Определены физико-механические свойства обожженных образцов в зависимости от содержания отходов углеобогащения и технологических параметров. В качестве таких параметров учитывалось влияние давления прессования и температура обжига. Влажность шихты изменялась от 7 до 11 %. По компрессионной кривой был определен рациональный интервал прессового давления, соответствующий участку плавного перехода кривой в прямую линию. Была изготовлена серия керамических образцов из шихт разной влажности (7, 9 и 11 %). Давление прессования варьировалось от 8,0 МПа до 24,0 МПа. Результаты испытания образцов представлены на рисунке 2.

Наибольшую прочность имели керамические образцы, изготовленные из шихты влажностью 11 % при давлении прессования 16,0 МПа ($R_{сж}$ = 27,5 МПа), наименьшую – образцы, изготовленные из шихты влажностью 7 % при давлении прессования 8,0 МПа ($R_{сж}$ = 11,1 МПа). Таким образом, оптимальное давление прессование для керамических шихт на основе отходов углеобогащения составляет 15 – 20 МПа при формовочной влажности пресс-порошка 9 – 11 %.

Обжиг отформованных образцов проводился ступенчато с выдержками в течение 30 минут при температурах 150, 350, 550 и 850 ^{0}С и часовая выдержка при максимальной температуре. Продолжительность обжига лабораторных образцов составила 3 часа. Максимальная температура обжига определялась экспериментально исходя из максимальных прочностных показателей образцов и составила 950 ^{0}С.

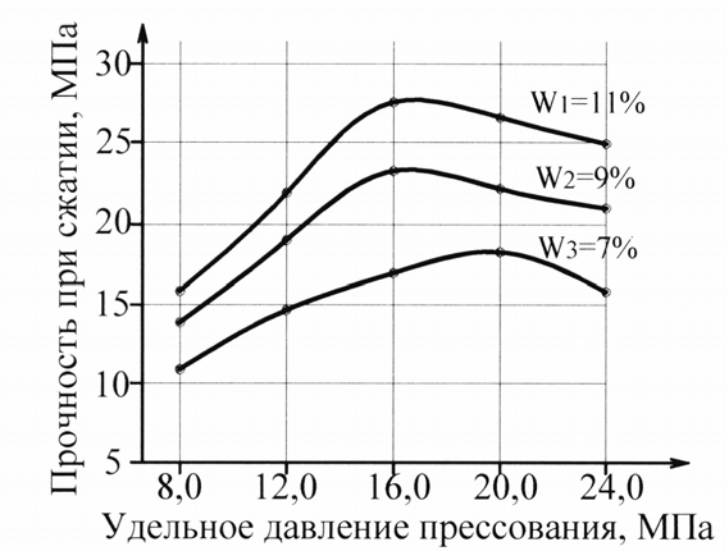


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности при сжатии керамических образцов от давления прессования при различной влажности шихты

Проведены эксперименты, направленные на изучение влияния корректирующих добавок на свойства керамических изделий на основе отходов углеобогащения. Рассмотрен ряд полиминеральных добавок, включающий как природное сырье, так и техногенные продукты промышленности: глина Новокузнецкая и суглинок Байдаевский, отходы метизного производства, отходы обогащения железных руд. Из глины и суглинка приготовлялась суспензия и вводилась в шихту с водой затворения. Содержание добавок варьировалось от 10 до 40 % в пересчете на сухое вещество. Керамические образцы прессовались при давлении 15 МПа и обжигались при оптимальной температуре 950 ^{0}С. Результаты испытания показали рост прочности при сжатии с увеличением количества вводимой добавки. Наибольшее значение показателя (28,0 МПа) наблюдалось при содержании суглинка 30 % в пересчете на сухое вещество.

Результаты экспериментальных исследований и математической обработки зависимости прочности при сжатии, средней плотности и коэффициента конструктивного качества от процентного содержания в составе шихты корректирующих добавок – отходов металлургического производства позволили выявить оптимальные составы керамических шихт, (в мас. %): отходы углеобогащения 65 – 70 %, суглинок 25 – 30 % (в пересчете на сухое вещество), отход метизного производства 2 – 5 %. При этом составе прочность керамических изделий составляет $R_{сж}$ – 30 – 32 МПа. На данный состав получен патент на изобретение № 2327668 от 27.06.2008 «Сырьевая смесь для получения керамических изделий».

Керамические изделия не имели высолов после выдерживания их в воде в течение 28 суток и сохранили равномерную кремовую окраску, марка по морозостойкости не менее F35; водопоглощение 18 – 22 %; средняя плотность – 1700 кг/м^3.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Панова В.Ф.

УДК 669.162.12: 622

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ НАПЫЛЕНИЕМ ШИХТЫ НА ДОННЫЙ ГАРНИСАЖ ОКОМКОВАТЕЛЯ

ПАВЛОВЕЦ В.М.

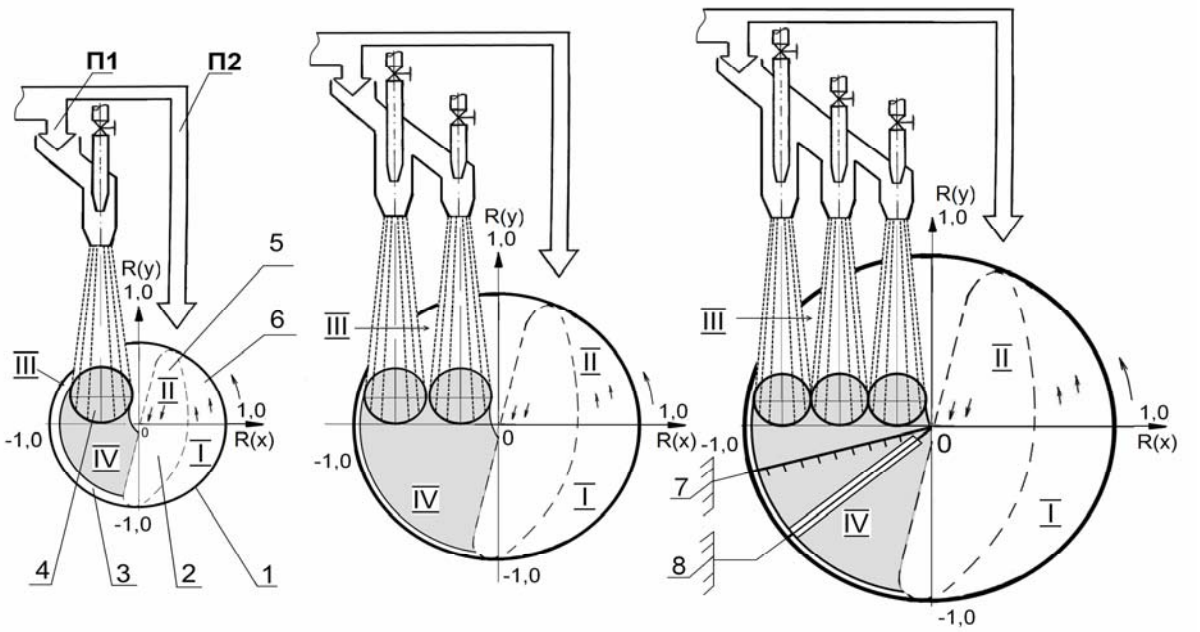
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк.

Для окомкования пылевидных материалов в промышленности используют тарельчатые окомкователи диаметром 1,0 – 7,5 м. Рабочее пространство промышленного окомкователя, в частности, тарельчатого, и поверхность его днища используются неравномерно и недостаточно эффективно. Это обусловлено тем, что основные рабочие процессы окомкования шихты протекают в слое, занимающем около 50 % площади днища тарели [1, 2]. В этой (рабочей) зоне, расположенной в I и II четвертях днища тарельчатого окомкователя (рисунок 1), развиваются процессы зародышеобразования шихты и формирования окатышей. Зародышеобразование в рабочей зоне окомкователя организуется избирательным увлажнением шихты капельным орошением слоя для получения сгустков переувлажненной шихты, выполняющих роль зародышей. Избыток влаги, необходимый для агрегирования (формообразования) шихты при зародышеобразовании, формирует избыточную влажность (до 2 – 3 %) сначала зародышей, а затем – центральных областей кондиционных окатышей. Процессы роста массы окатышей и накатывания шихты на переувлажненные зародыши часто требуют отдельного тракта и равномерной подачи тонкораспыленной воды. Отделить потоки материалов друг от друга и сформировать для каждого из них свой режим увлажнения в значительном объеме комкуемых материалов практически невозможно. При увлажнении материалов поверхностные горизонты слоя, обращенные к потоку влаги, переувлажняются. Мелкие фракции окатышей, находящиеся в глубине комкуемого слоя, испытывают дефицит влаги. Для уменьшения диспропорции на практике дают некоторый избыток влаги на поверхность слоя, который усиливает налипание шихты на гарнисаж и повышает влажность кондиционных окатышей.

Холостая зона тарели, расположенная в III и IV четвертях днища тарели и занимающая остальные 50 % площади днища окомкователя, свободна от комкуемых шихтовых материалов и не используются для

зародышеобразования и формирования окатышей (рисунок 1). В настоящей работе разработаны технические решения, направленные на вовлечение холостой зоны окомкователя в рабочий процесс зародышеобразования шихты и на расширение технологических возможностей окомкователя [3, 4]. Одно из решений [4] основано на частичном или полном переносе процесса зародышеобразования из рабочей зоны окомкователя в холостую и его организации новым способом.

формообразования шихты – принудительным зародышеобразованием.



а б в

Диаметр тарели, м: а – 2,0…3,0; б – 3,0…5,0; в – 5,0…7,5
1 – тарель окомкователя; 2 – рабочая зона окомкователя;
3 – холостая зона; 4 – проекция ВШС на гарнисаж; 5 – нисходящий поток материалов; 6 – восходящий поток материалов

Рисунок 1 – Схема напыления влажной железорудной шихты на донный гарнисаж тарельчатого окомкователя

Это решение позволяет организовать процесс зародышеобразования в отдельной зоне и в начале технологии исключить взаимодействие зародышей с комкуемыми материалами. Необходимость этого продиктована следующими соображениями. Перенос зародышеобразования в холостую зону тарельчатого окомкователя и его принудительная организация позволяют в большинстве случаев отказаться от дополнительного увлажнения шихты и уменьшить влажность зародышей и окатышей,

сформированных на их основе. Технически это осуществляется следующим образом. Часть загружаемой шихты с помощью струйного аппарата (СА) ориентируется в III четверть холостой зоны тарели (рисунок 1) и напыляется сжатым воздухом на донный гарнисаж с получением плотного напыленного слоя шихты. В холостой зоне тарельчатого окомкователя он может занимать III и частично IV четверти днища тарели, что составляет 25 – 30 % от площади днища окомкователя. Процессы напыления и формирования напыленного слоя в меньшей степени зависят от влажности шихты и в основном определяются параметрами сжатого воздуха, СА и режимом напыления.

Переувлажнения шихты при напылении не требуется. По некоторым показателям оно иногда противопоказано. Достоинством режима напыления шихты сжатым воздухом является то, что влажность напыленного слоя всегда ниже на 0,5 – 2,0 %, чем влажность загружаемой шихты, даже при работе на холодном (t_c = 15 – 25 ºС) сжатом воздухе. При этом скорость роста массы и упрочнения напыленного слоя шихты в десятки раз выше традиционной технологии формообразования, осуществляемой окомкованием в режиме переката. Заключительным этапом зародышеобразования является разделение напыленного слоя шихты на мерные фрагменты по одной из разработанных схем и отделение их от первичного гарнисажа в IV четверти (рисунок 1, в) холостой зоны тарели с получением прочных брикетов-зародышей. Под брикетами-зародышами понимаются сформованные из влажной шихты прочные кусковые тела произвольной формы, способные перекатываться по днищу вращающегося окомкователя, обеспечивать рост размеров и массы, накатывая на свою поверхность шихтовую мелочь. Брикеты, полученные напылением шихты в холостой зоне тарели со скоростью роста массы 3 – 4 г/с, являются зародышевой основой для формирования сырых кондиционных окатышей в рабочей зоне окомкователя. На завершающей стадии технологии на основе брикетов-зародышей формируется оболочка кондиционных окатышей.

Технологические параметры, известные из литературных источников, и последовательность мероприятий для организации принудительного зародышеобразования, представлены ниже. В начале технологии, реализуемой по схеме ЗНД (зародышеобразование напылением и доокомкование), на днище тарели формируется первичный шихтовый гарнисаж толщиной 30 - 40 мм, влажностью 8,14 - 8,25 % и плотностью 2200 - 2500 кг/м^3 (лабораторный вариант) и 2800 – 3200 кг/м^3 (промышленный способ). Последние параметры

характерны для шихты Ш1 ($d_ч < 0,1$ мм, $\bar{d}_ч = 0,068$ мм). Для более тонких комкуемых шихт (Ш2, $d_ч < 0,05$ мм, $\bar{d}_ч = 0,025$ мм) влажность гарнисажа может достигать 9,0-9,8 %, а его плотность превышать 3000 - 3400 кг/м^3. Загрузка влажной шихты в рабочее пространство окомкователя осуществляется двумя параллельными потоками П1 и П2, соотношение расходов материалов в которых составляет 20 х 80 %. Оно соответствует массовому количеству зародышей фракции (0-2 мм) реально работающего промышленного окомкователя. При работе промышленного окомкователя с полной загрузкой на поверхности первичного гарнисажа формируется вторичный шихтовый гарнисаж (налипший слой), который образуется под комкуемыми материалами (I и II четверть) и выходит на поверхность из слоя в верхней III четверти холостой зоны тарели. В этой зоне на вторичный шихтовый гарнисаж, открытый к теплосиловому воздействию, загружаемая влажная шихта (поток П1) расходом до 5,0 кг/с напыляется низкотемпературной ($t_C = 20$ - 150 ºС) воздушно-шихтовой струей (ВШС) со скоростью истечения воздуха 50 - 100 м/с и давлением 0,2 – 0,3 МПа (лабораторный вариант) или 0,5 – 0,6 МПа (промышленный способ), формируя на гарнисаже подсушенный до 6,5 – 8,0 % (средние данные для Ш1) напыленный слой шихты. Он является плотной шихтовой матрицей для получения прочных шихтовых брикетов-зародышей размером 6-10 мм. Размеры брикетов оценивали после рассева материалов на ситах с круглыми отверстиями диаметром 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 мм. Брикеты должны обладать необходимой прочностью, чтобы выдерживать ударные нагрузки на окомкователе со стороны ограждений и слоя комкующихся материалов до момента их активного вовлечения в процессе доокомкования. Сформулируем требования, предъявляемые к напыленному слою. Высота напыленного слоя шихты должна быть 6 – 10 мм, плотность – 2200 – 3200 кг/м^3, минимальная прочность на сжатие образцов, вырезанных из слоя, 40 – 80 кПа. Поперечные размеры напыленного слоя ограничены радиусом тарели. Продольные размеры напыленного слоя равны диаметру напыленного слоя от одного струйного аппарата. Для тарелей диаметром до 2,0 - 3,0 м может быть организовано напыление одним СА, формирующим напыленный слой диаметром 1,0 – 1,2 м и толщиной 6 - 10 мм, образующийся при H = 1,8 - 2,0 м и $P_в = 0,5$ - 0,6 МПа, который прочно удерживается на первичном гарнисаже. Для тарелей $D_т = 3,0$ – 5,0 м напыление организуются двумя СА, для окомкователя $D_т > 5,0$ м необходимы 2 – 3 СА (рисунок 1). В этом случае обеспечивается максимальное использование площади холостой зоны тарели. Для $D_т >$

5,0 м производственная необходимость позволяет использовать только один струйный аппарат.

Напыленный слой шихты и вторичный шихтовый гарнисаж составляют общую шихтовую матрицу для получения брикетов-зародышей (далее брикеты). После формирования напыленного слоя последующим технологическим актом при организации принудительного зародышеобразования является разделение напыленного слоя шихты и вторичного гарнисажа (далее напыленного слоя) на множество сформованных кусков-фрагментов. Разделение напыленного слоя шихты на мерные куски (по одной из схем сначала на шихтовые полоски, затем на брикеты), кроме вышеуказанного, позволяет снизить усилия от очистительного скребка, предназначенного для очистки гарнисажа, сформировать брикеты достаточно узкого фракционного размера и, главное, повысить массовый выход брикетов-зародышей с минимальным содержанием мелочи. Технология не исключает образования плотных брикетов в виде осколочных кусков неправильной и разнообразной формы: ромбовидных, трапециевидных, треугольных, способных выполнять функции зародышей. В идеальном случае желательно получить брикеты правильной формы, близкой к форме цилиндроквадратов ($a \approx b$). Под цилиндроквадратом понимается квадрат с частично сглаженными вершинами углов. Для их получения на поверхности напыленного слоя шихты сначала наносят продольные, а затем поперечные разрезы глубиной до 5 - 10 мм специальными металлическими делителями толщиной 0,5 мм, установленными в IV четверти днища тарели. После этого вся масса брикетов, прочно сцепленных с гарнисажем, срезается (очищается) с поверхности первичного гарнисажа до получения брикетов по форме, близкой к форме сферокуба ($a \approx b \approx c$) или сферопризмы ($a \approx b$; $c > a$, b). Под сферокубом понимается брикет, имеющий плоские грани и по форме, близкий куску кубической формы с частично сглаженными углами и ребрами. Срезание брикетов, сформованных из напыленного слоя, выполняется одновременно с очисткой первичного гарнисажа (далее гарнисажа) до заданной толщины (30 - 50 мм). Скорость срезания (очистки) брикетов с поверхности гарнисажа до необходимого уровня достаточно велика и в сумме равна производительности струйного аппарата (50 - 5000 кг/ч) и скорости роста массы вторичного гарнисажа (50 - 1000 кг/ч). Она не лимитирует принудительное зародышеобразование, выполняемое напылением шихты и последующим разделением напыленного слоя на брикеты. После очистки гарнисажа от напыленного слоя шихты брикеты из холостой

зоны тарели перекатом ссыпаются в нижнюю IV четверть тарели, а затем вовлекаются восходящим потоком материалов в рабочую зону окомкователя, где, при необходимости, частично увлажняются и комкуются со скоростью прироста массы $(1\text{-}3)\times10^{-2}$ г/с влажной шихтой второго потока П2 до размеров кондиционных окатышей. Последние структурно состоят из расположенных в центре (сердцевине) брикетов-зародышей, сформованных напылением шихты, и шихтовой оболочки, полученной доокомкованием шихты (схема ЗНД). Массовая доля брикета-зародыша размером 6 – 10 мм в массе окатыша составляет 8,4 – 32,1 %. Часть шихты [$M_2 = (M_1 - \Delta M) / M_1$, где M_1, ΔM – массы загружаемой шихты и напыленного слоя, кг] массовой долей до 10 - 30 % поступает в рабочую зону окомкователя в виде выбросов ВШС из области, где происходит напыление. Эта шихта частично подсушена ($\Delta W = 1$ - 3 %) и требует при ее доокомковании более интенсивного увлажнения.

Окатыши, полученные комбинированным способом, при напылении шихты ВШС сжатым воздухом с температурой, равной $t_C = 20 - 150$ ºС, имеют сердцевину с пониженным содержанием влаги по сравнению с влажностью оболочки окатыша и шихты, загружаемой в окомкователь. Предельные значения разности влажности по сечению окатыша, полученные в экспериментах на шихте Ш1 ($\bar{d}_ч$ = 0,068 мм), составляют величину $\Delta W = 0{,}79$ - 2,32 % (абс.) ($\Delta W = W_{обол} - W_{центр}$, %, где $W_{обол}$, $W_{центр}$ – средние влажности оболочки и центра окатышей, %). Средняя влажность окатышей, полученных из брикетов-зародышей с подсушенной сердцевиной и влажной шихтовой оболочкой, снижается на 0,32 - 1,92 % (абс.) по сравнению с традиционной технологией. Плотность центральных слоев окатыша $\rho_ц$ может отличаться ($\rho_ц < \rho_{пов}$, $\rho_ц > \rho_{пов}$) от плотности шихтовой оболочки $\rho_{пов}$ и регулироваться давлением ВШС. Температура сердцевины окатышей, полученных комбинированным способом, превышает температуру поверхности оболочки на 0,5 - 1,5 ºС. Использование на 25 - 30 % холостой зоны тарели в технологии принудительного зародышеобразования повышает, по ориентировочным расчетам, на 10 - 25 % производительность окомкователя. Полученные окатыши относятся к классу двухслойных по влагосодержанию, плотности и температуре. Подобная схема может быть использована для получения двухслойных окатышей по минеральному или фракционному составу на одном окомкователе. Реализация технологии получения сырых окатышей комбинированным способом, включающим принудительное зародышеобразование шихты напылением на донный гарнисаж и доокомкование брикетов-зародышей, расширяет технологические возможности окомкователя.

Библиографический список

1. Интенсификация производства и улучшение качества окатышей / Ю.С. Юсфин [и др.]. – М.: Металлургия, 1994. – 240 с.
2. Ручкин И.Е. Производство железорудных окатышей / И.Е. Ручкин – М.: Металлургия, 1976. – 184 с.
3. Патент РФ №2155239, МПК 7 с 22 В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец. – Заявл. 11.05.99; Опубл. 27.08.00, Бюлл. № 24.
4. Патент РФ №2270875, МПК 7 с 22 В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец. – Заявл.12.04.04; Опубл. 20.10.06, Бюлл. № 6.

УДК 669.162.12:622

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИТЕВИДНЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

ПАВЛОВЕЦ В.М.

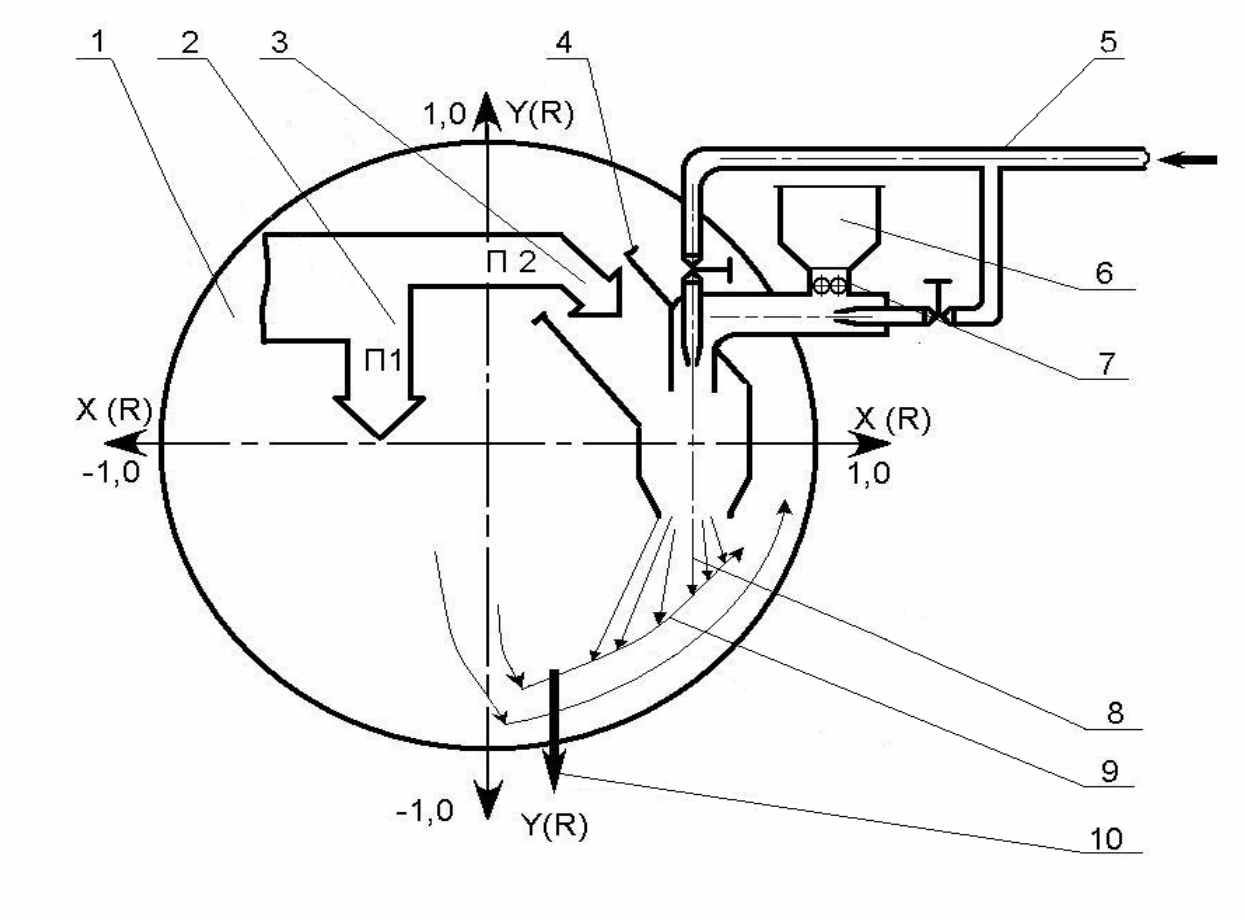
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк.

Качество окускованного железорудного сырья, в частности, окатышей оценивается показателями прочности на сжатие, удар, истираемость. Формирование этих свойств закладывается на двух основных стадиях технологии: формообразующей (сырой), называемой стадией подготовки шихты к спеканию, и высокотемпературной, на которой происходит сушка и обжиг окатышей. Прочность кондиционных окатышей после обжига должна быть не менее 2500 – 2800 Н/окатыш для офлюсованных и 3000 – 3200 Н/окатыш для неофлюсованных материалов [1]. Прочность окатышей на сырой стадии технологии контролируют числом сбрасываний, которое должно быть более 15 раз с высоты 300 мм, что для окатышей диаметром 14 – 16 мм эквивалентно прочности на сжатие 10 – 15 Н/окатыш. Основное упрочняющее воздействие на окатыши осуществляется на высокотемпературной стадии, где расходуется 100 % технологического топлива и более половины электроэнергии. Прочность обожженных окатышей может быть снижена на 20 – 30 %,если на сырой стадии технологии окатыши не наберут необходимой прочности или в их структуре возникнут различные дефекты. Возможности повышения

прочности сырых окатышей ограничены малым временем окомкования (3 – 5 минут), ухудшением комкуемых свойств шихты с введением, например, твердотопливных добавок, отсутствием теплового и дополнительного силового воздействия на сырой стадии технологии. Эти факторы также ограничивают использование сыпучих отходов промышленного производства при получении окатышей.

На кафедре теплофизики и промышленной экологии СибГИУ (г. Новокузнецк) предложено техническое решение [2], направление на повышение прочности сырых окатышей и утилизацию органических нитевидных отходов производства. Они образуются в легкой промышленности после обрезки и механической обработки мехового сырья на кожевенных и меховых фабриках, пошивочных мастерских, работающих практически в любом крупном городе Российской Федерации. Массовая доля отходов от обрезки меха может достигать до 30 – 50 % от массы исходного сырья. По своей структуре органические отходы после обрезки – это нитевидные частицы длиной 5 – 15 мм и диаметром менее 0,1 мм. Они достаточно прочные и гибкие, гидрофильны к магнетиту, на них легко налипают влажные частицы железорудной шихты. Введение в структуру железорудных окатышей при окомковании нескольких (2 – 10) нитей указанных размеров формирует своеобразный каркас окатыша, что существенно повышает его прочность и уменьшает вероятность разупрочнения при перегрузках и ударном окомковании. Повышение прочности сырых окатышей, содержащих органические нити, частично снижает ограничения по форсированию режима сушки на обжиговой ленте. При обжиге окатышей ($t > 1200$ ºС) органические нити сгорают, образуя после себя сквозные поровые каналы диаметром 0,01 – 0,05 мм с низким коэффициентом извилистости, которые повышают общую пористость на 1,0 – 1,5 % (абс.). Подобная структура окатышей позволяет прогнозировать увеличение скорости восстановления окатышей в шахтной печи за счет эффективной фильтрации газа-восстановителя в поровых каналах.

Один из вариантов принципиальной технологической семы получения сырых окатышей, содержащих в структуре органические нитевидные частицы, показан на рисунке 1.



1 − тарельчатый окомкователь; 2, 3 – потоки загружаемой шихты П1, П2; 4 − струйный аппарат; 5 − тракт подачи сжатого воздуха; 6 − бункер органических нитевидных частиц; 7 − питатели; 8 − воздушно-шихтовая струя (ВШС); 9 – слой зародышей; 10 – кондиционные окатыши;

Рисунок 1 – Принципиальная схема получения окатышей, содержащих в структуре органические нитевидные частицы

Последовательность технологических операций при получении окатышей следующая. Шихта на окомкование подается двумя потоками П1 и П2. Шихта потока П1 загружается непосредственно в рабочее пространство окомкователя для получения зародышей диаметром 5 – 10 мм. Шихта потока П2 поступает в корпус струйного аппарата, где она ускоряется до 50 – 100 м/с и движется к зародышам в форме воздушно шихтовой струи (ВСШ). Влажная шихта потока П2 ВСШ напыляется на поверхность зародышей, формируя оболочку окатышей. Перед напылением шихты в поток П2 из бункера – питателя подают нитевидные органические частицы. Транспортирование шихты потока П2 и нитевидных органических частиц осуществляют сжатым воздухом

давлением 0,2 – 0,3 МПа (лабораторный вариант) и 0,5 – 0,6 МПа (промышленный способ).

В работе исследована прочность железорудных окатышей, содержащих в структуре органические нитевидные частиц. Для экспериментов использовали лабораторный окомкователь диаметром 0,62 м ($\alpha = 45^{\circ}$, n = 12 об/мин), включенный в работу согласно технологической схеме, приведенной на рисунке 1. Первоначально из шихты, содержащей 1% бентонита и 99 % тёйского железорудного концентрата (w = 8,25 %, $\overline{d}_{ч}$ = 0,068 мм, $Fe_{общ}$ = 61,9 %) получали мелкие окатыши диаметром 5 – 10 мм, выполняющие роль зародышей.

Для формирования оболочки окатышей готовили шихту массой 1 кг, в которую равномерно вводили 20 г нитевидных органических частиц длиной 5 – 10 мм, после чего перемешивали. Шихту напыляли на слой зародышей струйным аппаратом, ось которого ориентированна в точку с координатами X(R) = 0,5 и Y (R) = 0 под углом 90º к поверхности слоя. Параметром работы струйного аппарата был показатель θ = L/d, где: L – расстояние от среза сопла до слоя зародышей, м; d – диаметр сопла струйного аппарата, d = 0,02 м. Опыты заканчивали, когда диаметр окатышей достигал величины 14 – 16 мм. Для каждой серии, состоящей из 20 окатышей, определяли среднюю прочность на сжатие и сбрасывание до и после сушки. Результаты опытов сравнивали с параметрами окатышей, полученными напылением шихты без органических нитей. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Прочностные показатели окатышей

θ	Прочность окатышей: на сжатие, Н/ окатыш – числитель; на сбрасывание, число раз – знаменатель	
	влажных	сухих
50	12,2/13,1	44,8/-
100	11,6/12,8	41,6/-
150	10,9/11,7	41,81/-
200	10,7/11,7	40,91/-
Примечание. При θ = 50 прочность окатышей без органических нитей: влажных 10,1/11,5; сухих: 40,5/-		

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что

введение в шихту окатышей 2 % органических нитевидных частиц не ухудшает показатели комкуемости шихты и стабильность процесса напыления. Повышение прочности сырых окатышей на сжатие за счет изменения Θ с 150 до 50 достигнуто на уровне: 5,9 – 20,8 %. Прочность влажных окатышей на сбрасывания выросла на 13,9 % при Θ = 50. С ростом давления ВШС, сопровождаемого уменьшением Θ с 150 до 50, прочность сырых окатышей повышается с 10,7 до 12,2 Н/окатыш. Повышение прочности окатышей обусловлено тем, что в процессе напыления шихты на вращающиеся зародыши нитевидные частицы формируют упрочняющий армирующий каркас в структуре окатыша, который способен выдержать более высокие статистические нагрузки. Причем разрушение окатышей при испытаниях на прочность сопровождается образованием крупных осколков, которыеявляются дополнительными центрами окомкования. Выход мелочи при разрушении минимальный.

Применяемая схема введения органических нитей в структуру окатышей позволяет равномерно распределять органические нити, содержащиеся в шихте при Θ > 100, на поверхности слоя зародышей. Дальнейший рост прочности окатышей можно обеспечить оптимальным содержанием органических отходов и более равномерным распределением нитевидных частиц по сечению окатыша, что может составить предмет дальнейшего исследования.

Библиографический список

1. Интенсификация производства и улучшение качества окатышей / Ю.С. Юсфин [и др.]. – М.: Металлургия, 1994. - 240 с.
2. Патент № 2280085, МКИ С22В1/24, Способ подготовки шихты к спеканию / В.М. Павловец - №2005109751, Заявл. 04.04.05; Опубл. 20.07.06; Бюлл. № 20.

УДК 669.1.004.82

БРИКЕТИРОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕЙ И КОКСА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Динельт В.М., Ливенец В.И., Никишанин М.С., Страхов В.М.

Сибирский государственный индустриальный университет, Кузнецкий филиал Всероссийского углехимического института, г. Новокузнецк

При переработке и добыче угля, в частности, при его обогащении,

образуется огромное количество неутилизуемых или утилизуемых неквалифицированно тонкодисперсных отходов (в основном, в виде шламов), содержащих, в ряде случаев, до 50 – 70 % угольного вещества. Накопление и складирование таких отходов не только наносит существенный ущерб земельным ресурсам, но и крайне невыгодно с экономической точки зрения.

Далеко не всегда квалифицированно используются и другие тонкодисперсные углеродистые материалы или отходы: пыль коксосортировок и установок сухого тушения кокса (УСТК) коксохимических заводов, отсевы кокса ферросплавных заводов, отходы электродных предприятий, спелевый графит и др. Например, коксовая пыль коксохимических заводов и отсевы ферросплавных заводов используются преимущественно как топливо для агломерации. Между тем, на их основе могут быть получены высококачественные сорта специальных видов кокса с заданной крупностью и свойствами,

В последние годы нами проведены многочисленные исследования по получению безобжиговых брикетов технологического назначения (для нужд литейного, ферросплавного и других производств) на основе тонкодисперсных углеродистых материалов и отходов. Результатом этих исследований явилась разработка малоперационной технологии по получению брикетов, как состоящих полностью из шламов ЦОФ, так и на основе смесей шламов с другими тонкодисперсными углеродистыми материалами (углем, флотоконцентратом, коксовой пылью или мелочью). В качестве связующих использовали отход целлюлозно-бумажного производства концентрат лигносульфонатов и растворы щелочей (NaOH и KOH) [1, 2]. Для получения брикетов по предлагаемой технологии не требуется термической сушки исходного сырья (например шламов) и подогрева его для смешивания, прессы можно применять те же, что и при традиционной технологии, в частности, вальцевые.

Разработанная технология была использована для получения специальных видов топлива. В частности, можно считать перспективным получение коксобрикетов, пригодных в качестве специальных видов кокса, например, для ферросплавного и литейного производства. Для этих целей могут быть использованы, в частности, коксобрикеты полученные из смеси шламов и флотоконцентратов углеобогатительных фабрик и коксовой пыли приготовленные со связующим-концентратом лигносульфонатов или смолистых отходов. Коксование брикетов может осуществлено одним из указанных ниже способов: термоокислительным на цепных колосниковых решетках, в вертикальных шахтных и камерных печах, контактным методом за счет

тепла раскаленного кокса в установке сухого тушения кокса (УСТК) и т.д. При этом их расчетная себестоимость (например, при прокаливаниии в условиях УСТК) может оказаться в 1,5 – 1,75 раз ниже, чем у металлургического кокса ОАО ЗСМК.

Малодымные брикеты для технологических целей, обладающие высокой механической прочностью и термостойкостью могут быть получены и без коксования, в частности, при использовании в качестве углеродстого наполнителя тонкодисперсных материалов с низким входом летучих веществ (например, коксовой пыли или мелочи или антрацита). В качестве связующих при получении таких брикетов по предлагаемой нами технологии может быть рекомендован, опять таки, концентрат лигносульфонатв, а, в случае повышенных требований к сернистости брикетов, его смеси в виде эмульсий с битумами, мягкими пеками, мелассой (отход сахарного производства).

Ниже в таблице 1 приведены прочностные свойства лабораторных образцов высушенных брикетов, изготовленных из коксовой пыли УСТК или дробленой коксовой мелочи, а также их смесей с измельченным антрацитом Листвянского месторождения (Новосибирская обл.) с использованием в качестве связующего концентрата лигносульфонатов. В таблице за показатель термостойкости принималась прочность брикета на сбрасывание после ударного нагрева при 900 ^{0}С в течение 30 минут.

К числу преимуществ таких брикетов перед коксобрикетами, прежде всего, следует отнести меньшую сложность технологии их изготовления (отсутствие стадии коксования), а к числу недостатков повышенный расход связующего и несколько меньшие прочностные свойства.

При сравнении свойств полученных брикетов и металлургического кокса следует отметить следующие их особенности:

1) Зольность и содержание золы и серы в брикете несколько выше, чем в металлургическом коксе. Это обусловлено более высокой зольностью коксовой мелочи и повышенным содержанием серы в лигносульфонатном связующем.

2) Брикеты имеют достаточно высокую механическую прочность, сходную прочностью металлургического кокса.

3) Брикеты имеют фиксированные размеры, которые можно регулировать и, следовательно, их можно изготавливать любого требуемого размера. К положительным их особенностям следует отнести также существенно меньшую их замусоренность по сравнению с коксом.

Таблица 1 – Характеристики брикетов для технологических целей на основе коксовой и полукоксовой мелочи и пыли

Состав смеси углеродистых материалов, %	Расход связующего, %	Давление прессования, МПа	Размеры брикета		Прочность высушенных брикетов		Термо-стой-кость, %
			диаметр, мм	масса, г	на сбрасы-вание, %	на сжатие, МПа	
Пыль УСТК-100	8	25	50	80	96,1	8,73	97,2
Пыль УСТК-100	8	100	50	80	98,5	11,42	99,8
Дробл. коксовая мелочь - 100	10	37,5	80	275	98,4	8,74	96,9
Дробл. коксовая мелочь – 85 Антрацит -15	10	37,5	80	275	97,4	8,5	95,0
Дробл. коксовая мелочь – 70 Антрацит -30	10	37,5	80	275	89,7	5,15	94,0
Дробл. отсевы полукокса - 100	8	25	50	50	97,1	7,08	86,7
Дробл. отсевы полукокса - 100	8	100	50	50	98,1	8,07	90,9

С применением предложенной нами технологии на опытно-промышленной установке ОАО «Тальменка-Холдинг-ЖБИ» (Алтайский край) были получены опытные партии брикетов из дробленой коксовой мелочи ОАО «Кокс» (г. Кемерово) с добавлением 10 % концентрата лигносульфонатов. Эти брикеты были затем успешно испытаны в качестве частичных заменителей кокса при вагранoчной плавке чугуна на ОАО «Универсал» (г. Новокузнецк) и на ряде других предприятий. При отсутствии нарушений в технологии плавки не были отмечены нежелательные отклонения в качестве металла. Работа проводилась под руководством М.С. Никишанина и Е.Г. Григоркина (ОАО «Тальменка-Холдинг-ЖБИ»).Таким образом, применение опытных брикетов при выплавке чугуна в вагранках при частичной или даже полной замене ими кокса, оказалось вполне возможным и целесообразным.

Библиографический список

1. Динельт В.М. Малооперационная технология получения брикетов из тонкодисперсных углеродистых материалов и отходов. [текст] / В.М. Динельт, В.И. Ливенец, М.С. Никишанин, Е.Г. Григоркин // Известия Вузов Черная металлургия. 2007. № 6. С. 61 – 63.
2. Динельт В.М. Получение топлива и специальных видов кокса на основе окомкования углей и углеродистых материалов. [текст] / В.М. Динельт, В.И. Ливенец, В.М.Страхов // Кокс и химия. – 2003. – № 9. – С. 40 – 43.

УДК 669.1.004.82

БРИКЕТЫ НА ОСНОВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БУРОУГОЛЬНОГО ПОЛУКОКСА ИЗ УГЛЕЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА

Динельт В.М., Страхов В.М., Ливенец В.И., Никишанин М.С., Аникин А.Е., Суровцева И.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, Кузнецкий центр ВУХИНа г. Новокузнецк

Буроугольный полукокс (БПК) из углей Канско-Ачинского бассейна (КАБ) отличается уникальными физико-химическими свойствами [1]. Обладая всеми известными преимуществами бездымного топлива, он, в то же время, имеет чрезвычайно высокую внутреннюю поверхность и реакционную способность (последняя в 5 – 10 раз выше, чем у каменноугольного кокса), относительно невысокую зольность и своеобразный химический состав золы с преобладанием оксидов Ca и Mg. Интерес к использованию БПК из углей КАБ обусловлен не только огромными запасами этих углей, но и значительно меньшей их стоимостью по сравнению, например, с кузнецкими углями.

Используемые в России способы получения БПК (высокоскоростной пиролиз мелкозернистого бурого угля по технологии ЭНИН АН СССР, а также способы пиролиза и газификации бурых углей в слоевом газификаторе и газификаторе с «кипящим» слоем) позволяют производить из углей КАУ преимущественно мелкозернистый продукт. Такой продукт может с успехом найти непосредственное применение в таких сферах, как теплоэнергетика

(пылевидное топливо для котлоагрегатов), металлургия (пылевидное топливо для доменных печей, топливо для агломерации руд), получение некоторых видов сорбентов и др.

В то же время, его возможное использование в качестве относительно недорогого топлива для коммунально-бытовых нужд, углеродистого восстановителя для электротермических производств (прежде всего, ферросплавного), прямого получения железа и в ряде других случаев, когда потребитель предъявляет определенные требования к крупности углеродистого материала, связано с необходимостью окускования мелкозернистого БПК, например, методами гранулирования или брикетирования.

В настоящей работе рассмотрены результаты исследований по получению безобжиговых брикетов из мелкозернистого БПК, полученного путем пиролиза (газификации) углей Березовского разреза КАБ в «кипящем» слое [2].

При выборе варианта технологии брикетирования БПК было отдано предпочтение так называемому «холодному» брикетированию, предполагающему прессование смесей углеродистых материалов со связующими при относительно невысоких температурах и давлениях. Технология «холодного» брикетирования широко применяется во многих странах при окусковании не только мелкозернистых углеродистых (углей, полукоксов и коксов), но и других материалов (пылей, шламов, пылеватых руд и т.д.).

В то же время, в работе был применен вариант технологии, несколько отличающийся от классического, используемого при брикетировании углей, большей экологичностью и малооперационностью. Суть его сводится к отказу от сушки исходного углеродистого сырья и применению водорастворимых связующих материалов, исключающих необходимость разогрева как самих связующих, так и брикетируемой смеси до температур 120 – 150 °С.

Упрочнение отпрессованных брикетов, которое по классической технологии чаще всего достигается при их охлаждении на ленточном конвейере с целью отверждения углеводородных связующих, в нашем случае достигается за счет сушки брикетов с помощью нагретого воздуха или дымовых газов с температурой 120 – 150 °С в ленточной сушилке. Подобная технология успешно применялась ранее при брикетировании угольных шламов, коксовой пыли и т.д.

В качестве связующих в опытах использовались жидкие концентраты лигносульфонатов, растворы жидкого стекла и мелассы.

Брикетирование БПК осуществлялось в необогреваемой стальной матрице диам. 54 мм с использованием гидравлического пресса с

усилием до 200 тс. Давление прессования в опытах составляло 35 МПа (в отдельных случаях 100 МПа).

Сушка отпрессованных брикетов во избежание их растрескивания осуществлялась достаточно медленно – в течение 2 час. с подъемом температуры от 120 °С (в начале) до 140°С (в конце). Следует отметить, что при уменьшении диаметра и высоты брикетов до 15 – 20 мм (требование ферросплавного производства) общее время их сушки может быть уменьшено до 45 – 60 мин.

Для оценки прочностных свойств готовых брикетов определяли их ударную прочность (прочность на сбрасывание) и прочность на сжатие.

Кроме того, были получены образцы брикетов на основе мелкозернистого БПК в смеси с железорудной (Fe_2O_3) или кремнеземистой (SiO_2) составляющими. Подобные композиции могут найти применение при прямом получении железа, при получении кремнистых ферросплавов и карбида кремния.

Ниже приведены прочностные характеристики высушенных брикетов, полученных из 100 % БПК с количеством связующего 20 % (таблица 1). Степень разбавления связующих водой для всех представленных опытов составляла 1:1, а степень измельчения БПК – менее 200 мкм.

Таблица 1 – Прочностные характеристики брикетов из 100 % БПК

№ опыта	Связующее*)	Ударная прочность (выход классов после сбрасывания), %		Прочность на сжатие, МПа	
		> 25 мм	> 10 мм	высушенных брикетов	прокаленных при 900 °С (без доступа воздуха)
1	жидкое стекло (ЖС)	50,9	82,5	–	–
2	жидкое стекло (ЖС)	94,9	97,5	12,6	0
3	лигносульфонат (ЛС)	90,3	93,8	10,0	9,5
4	меласса (М)	85,0	92,5	8,1	5,8
5	лигносульфонат + меласса (1:1) (ЛС+М)	83,5	93,0	–	–

*) Количество связующего в опыте 1 = 15 %, в опытах 2 – 5 = 20 %.

Оценивая качество опытных брикетов на основе БПК по комплексу показателей, можно констатировать, что они вполне пригодны не только для использования в качестве высокосортного топлива для коммунально-бытовых нужд, но и для ряда шахтных печей (обжига известняка, доломита и, возможно, прямого получения железа).

Проведенные испытания партий брикетов из 100 % БПК (таблица 1) и его композита с кремнеземистой пылью (34 и 66 % соответственно) при выплавке силикомарганца в крупнолабораторной рудовосстановительной электропечи (100 кВА) показали возможность замены на 30 – 35 % коксового орешка и кварцита брикетами без ухудшения хода процесса*. Это указывает на то, что брикеты на основе БПК являются вполне пригодными углеродистыми восстановителями для ферросплавного производства.

Выводы:

1) Изучена возможность получения товарных брикетов на основе мелкозернистого БПК из бурых углей Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна с применением малооперационной технологии брикетирования и недефицитных водорастворимых связующих (жидкого стекла, лигносульфоната и мелассы).

2) Прочность и физико-химические свойства полученных брикетов указывают на пригодность и перспективность их применения не только в качестве высокосортного топлива для коммунально-бытовых нужд, но и в качестве калиброванного топлива для шахтных печей черной и цветной металлургии (обжига известняка и доломита, прямого получения железа и др.), а также в качестве углеродистого восстановителя в рудной электротермии (в частности, в ферросплавном производстве).

3) Экономическая оценка предлагаемого способа окускования мелкозернистого БПК также подтвердила его эффективность и целесообразность использования брикетов, в частности, взамен сортовых кузнецких углей и, возможно, коксового орешка в ферросплавной промышленности [3].

Библиографический список

1. Школлер М.Б. Полукоксование каменных и бурых углей. – Новокузнецк: Инженерная академия РФ, Кузбасский филиал, 2001. – 232 с.

---

* Работа проводилась под руководством проф. д.т.н. О.И. Нохриной (СибГИУ).

2. Исламов С.Р. Степанов С.Г. Глубокая переработка угля: введение в проблему выбора технологии // Уголь. 2007. № 10. с. 55-58.
3. Динельт В.М., Страхов В.М., Ливенец В.И. и др. Получение безобжиговых брикетов на основе мелкозернистого буроугольного полукокса из углей Канско-Ачинского бассейна // Кокс и химия. 2008. № 9.

УДК [666.762:658.567.1]:54.055

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НОВЫХ ОГНЕСТОЙКИХ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Луханин М.В.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Работа выполняется совместно с институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН в соответствии с грантом Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых МК 2686.2007.8 на двухлетний период (2007 – 2008 гг.) на тему «Механохимический (наноструктурный)» синтез новой огнестойкой керамики и огнеупоров из природных и вторичных минеральных ресурсов. В теоретическом отношении она является также составной частью нашей НИР по тематическому плану Рособразования Минобрнауки РФ на трехлетний период (2007 – 2009 гг.) фундаментального характера на тему «Исследование механохимического синтеза как метода получения нанодисперсных частиц сложных оксидов и твердых растворов оксидов» (государственный регистрационный номер НИР 01200706519).

В данной работе приведены результаты исследований по синтезу муллита, кордиерита и кордиерито-муллитовой смеси из природных компонентов (глины Единисского месторождения и талька Алгуйского месторождения в Кузбассе) и золоотвалов ТЭЦ-4 г. Омска. Предварительные исследования вышеуказанных природных компонентов Кузбасса и золы ТЭЦ-4 г. Омска [1] показали возможность их применения для создания новых огнестойких бетонов и масс с использованием механической активации смесей в необходимом соотношении в планетарных мельницах конструкции ИХТТиМ СО РАН. Установлено, что при добавлении к глине талька Алгуйского

месторождения и гидрооксида алюминия, а также при подшихтовке к золе оксидов магния, кремния, гидрооксида алюминия, с применением предварительной механической активации и последующей термической обработки при температуре 1260 ^{o}C, получены муллит, кордиерит и кордиерито-муллитовая смесь.

Для получения указанных целевых продуктов из природных ресурсов составлялись следующие смеси:

– муллит

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + 4Al(OH)_3 = 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 8H_2O;$$

– кордиерит

$$7(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O) + 4(3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O) + 10Al(OH)_3 =$$
$$= 6(2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2) + 33H_2O;$$

– кордиерито-муллитовая смесь

$$3{,}5(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O) + 1{,}5Al_2O_3 + 2MgO =$$
$$= 2MgO \cdot 5Al_2O_3 \cdot 7SiO_2 + 7H_2O,$$

где $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ – практически чистый каолинит во вновь открытом Единисском месторождении огнеупорных глин на севере Кузбасса;

$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ – тальк Алгуйского месторождения на юге Кузбасса.

Смеси активировались в лабораторной планетарной мельнице АГО-3 (конструкции ИХТТиМ СО РАН) в течение 5 минут, а затем нагревались при 1260 ^{0}C в течение 2 часов. Результаты рентгенофазового анализа продуктов синтеза приведены на рисунках 1 – 3.

Результаты синтеза муллита представлены на рисунке 1. Нижняя дифрактограмма (Powder Diffraction Data) – стандартная. Как видно из рисунка 1, обе дифрактограммы по-существу идентичные (полное соответствие между ними).

Кордиерит (рисунок 2) имеет низкий коэффициент термического расширения (что очень важно при эксплуатации) ($1{,}8 \cdot 10^{-6}$), но обладает низкой температурой плавления 1450 ^{0}C. По этой причине представляется разумным изготовить смесевую композицию его с муллитом, температура плавления которого 1890 ^{0}C. Керамика из этой смеси, наряду с низким коэффициентом расширения, будет иметь более высокую температуру плавления.

В ряде работ показано, что муллито-кордиеритовые композиты, состоящие из химически совместимых компонентов, наследуют

полезные свойства от кордиерита (низкий коэффициент термического расширения) и от муллита (высокие температура плавления и механическая прочность), обладают повышенной спекаемостью и трещиностойкостью [2]. В связи с проблемой утилизации отвальных зол и шлаков тепловых электростанций, содержащих оксиды кремния и алюминия в больших количествах, представляет интерес определить возможность их использования в качестве исходных материалов для получения указанных композитов. Поскольку, в последнее время интенсивно развивается шликерный способ изготовления алюмосиликатных изделий, позволяющий получать их крупногабаритными и сложной конфигурации [3], этот вопрос является весьма актуальным. Для его реализации готовятся высококонцентрированные водные суспензии на основе тонкоизмельченных смесей. По этой причине использование методов механической активации и механохимии на стадиях их приготовления органично вписывается в технологию получения алюмосиликатной керамики. В настоящей работе исследована возможность получения муллито-кордиеритовых композитов из золы ТЭЦ-4 (г. Омск).

Синтез из смесей на основе золы

Химический состав золы ТЭЦ-4 следующий (моли, %):

Al_2O_3 – 14; SiO_2 – 44,56; Fe_2O_3 – 3,63; MgO – 1,04; C – 36,79.

Синтез кордиерита

К золе были добавлены оксиды кремния, магния и гидрооксид алюминия в следующих количествах (вес. %, граммы): зола – 73,82; гидрооксид алюминия – 11,45; оксид кремния – 4,64; оксид магния – 10,94.

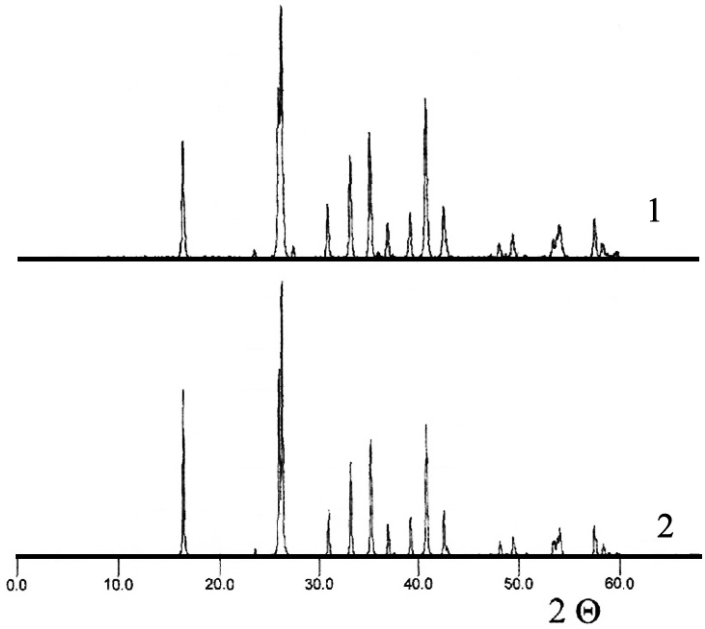


Рисунок 1 – Дифрактограмма продукта синтеза из смеси, соответствующей муллиту (1), и стандартная дифрактограмма (2)

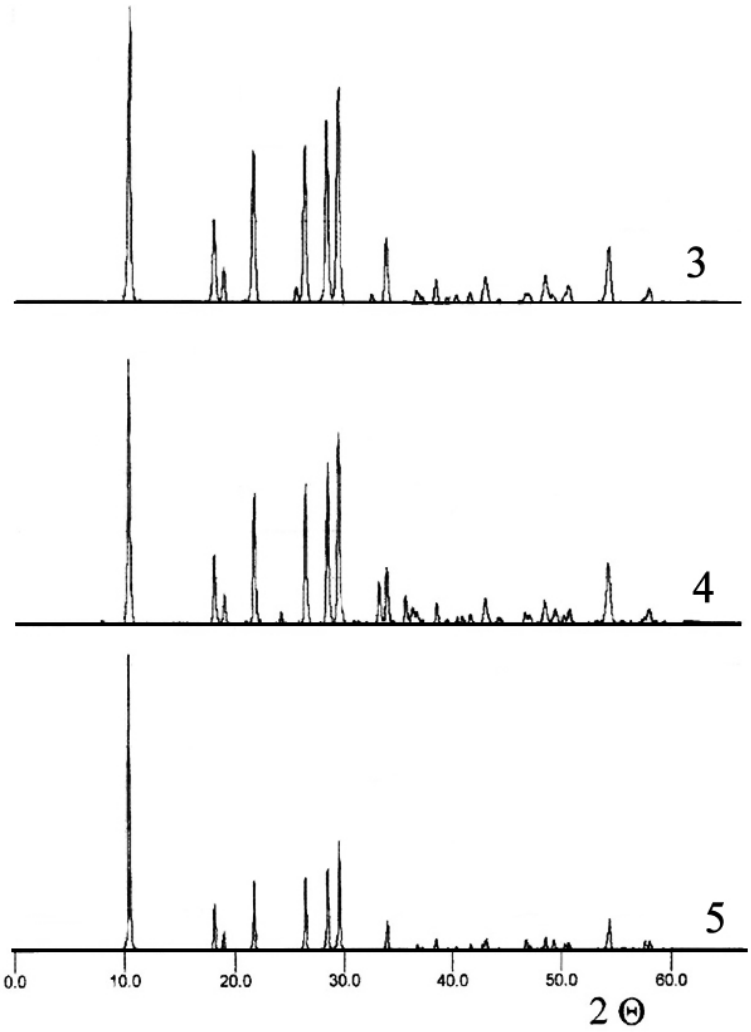


Рисунок 2 – Дифрактограмма продукта синтеза из смеси, соответствующей кордиериту (3), продукта, полученного из золы (4), и стандартная дифрактограмма (5)

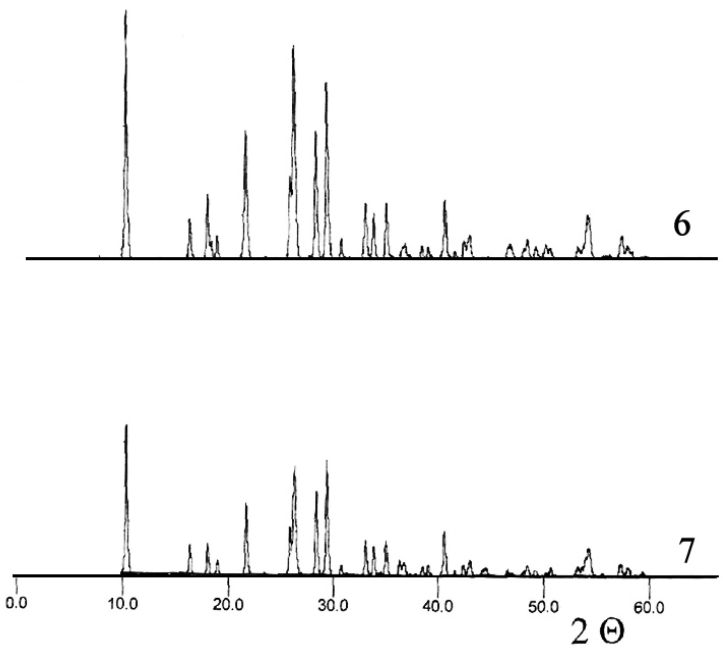


Рисунок 3 – Дифрактограмма продукта синтеза из смеси, соответствующей кордиерито-муллитовой смеси из природных компонентов (6), из золы (7)

После активации в планетарной мельнице АГО-3 в течение 5 минут смеси также отжигались при температуре 1260 ^{0}С в течение двух часов.

Синтез кордиерито-муллитовой смеси

Такую смесевую композицию удалось создать из этой же золы при добавлении к ней оксидов кремния, магния и гидрооксида алюминия в следующих количествах (вес. %, граммы): зола – 46,97; гидрооксид алюминия – 43,71 (оксида алюминия – 33,37); оксид кремния – 13,88; оксид магния – 6,96.

После операций, подобных предыдущим была получена кордиерито-муллитовая смесь. Она приведена на рисунке 3 (поз. 7).

Температура плавления смеси определялась в печи ХА-2Б пирометром. Определение прочности на изгиб и сжатие проводились по стандартным методикам. Порошки прессовали в пластинки размером 4,1×1,5×0,5, отжигали при температуре 1420 ^{0}С и подвергали разрушению.

Для сравнения были синтезированы композиты с соотношением кордиерит:муллит, равным 1:1, по реакции, в которой в качестве исходных были взяты каолин и тальк месторождений Кемеровской области, по-существу не содержащие примесных фаз и технический гидраргиллит. Условия активации и термообработки те же самые.

Анализ дифрактограмм кордиерита, муллита и новой смесевой композиции показывает значительные преимущества последней. Эксперименты по определению температуры плавления муллито-кордиеритового композита показали, что он выдерживает температуры до 1700 – 1720 ^{0}С. Данные по прочности показывают: на сжатие свыше 200 МПа, на изгиб 27 МПа. В результате проведенных исследований установлена возможность получения из природных ресурсов Кузбасса и отходов промышленности (вторичных минеральных ресурсов), с применением механохимического способа нового муллито-кордиеритового композита, пригодного для производства в перспективе широкого ассортимента огнеупорных и керамических изделий.

Выводы:

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований синтезированы с помощью планетарных мельниц конструкции ИХТТиМ СО РАН новые огнестойкие материалы с высокими прочностными и огнеупорными характеристиками с использованием вторичных минеральных ресурсов.

2. Установлена возможность получения дешевого сырья, не только для огнеупорных материалов и бетонов, но и для значительного повышения прочности и огнестойкости строительных конструкций из монолитных бетонов, применяя их в качестве заполнителей.

3. Одновременно решается несколько проблем: экологическая, ресурсо- и энергосбережения, значительное снижение стоимости сырья для огнеупорных бетонов, повышение качества и долговечности.

Библиографический список

1. Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г., Гусев А.А. Теоретические основы создания новых огнестойких строительных материалов из вторичных минеральных ресурсов с использованием механохимии. Монография // М.: АСВ, 2008. – С. 100–120.
2. Mussler, B.N. and Shafer, M.V., Preparation and Properties of Mullite Cordierite Composites // Bulletin of American Ceramic Society, 1984. – V 5. – Pp. 705–714.
3. Пивинский Ю.Е. Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. Избранные труды. Том 1 // СПб.: Стройиздат, 2003. – 544 с.

УДК 669.168:621.365

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛИ ОТ ДРОБЛЕНИЯ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

РОЖИХИНА И.Д., РОМАНЕНКО Ю.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк.

Современное металлургическое производство требует применения ферросплавов определенного гранулометрического состава, в том числе в виде мелкой крупки и порошков.

Получение ферросилициевой крупки включает комплекс оборудования для дробления до фракции 10 мм, в состав которого входит стандартное технологическое оборудование, последовательно обеспечивающее крупное дробление в щековой дробилке и мелкое в барабанной шаровой мельнице с дальнейшим рассевом на грохоте на фракции 0 – 3,2 и 3,2 – 10,0 мм. Пылеватые фракции ферросилиция, образующиеся при дроблении и фракционировании, улавливаются системой пылеочистки [1].

Количество мелких отходов составляет 3 – 5 % от массы перерабатываемого кускового ферросилиция. Химический состав пыли соответствует химическому составу высокопроцентного ферросилиция; содержание кремния – 74 – 78 %, крупность – менее 1 мм.

Накопление пыли в производственных помещениях создает предпосылки пожаровзрывоопасных ситуаций и нанесения ущерба здоровью обслуживающего персонала. С увеличением продолжительности хранения пылей оксидная пленка становится толще, число оксидов возрастает, что в конечном итоге снижает пожаровзрывоопасность, но не в такой мере, чтобы ее пренебрегать.

В настоящее время устойчивого спроса на циклонную пыль нет. Продажа осуществляется случайным потребителям и по заниженной цене. Таким образом, необходим комплексный подход в решении утилизации пылей от фракционирования ферросилиция, как в рамках экономического аспекта (получения дополнительных прибылей от продаж пылей, пригодных для потребления), так и экологического аспекта.

На ОАО «Кузнецкие ферросплавы» было проведено ряд исследований по технологической переработке пыли и мелочи от дробления 75 %-го ферросилиция. Все рассматриваемые варианты переработки циклонной пыли представляют собой той или иной вид

переплава. Пыль и мелочь от дробления ферросилиция относится к категории пожаро – и взрывоопасным материалам и поэтому не могут быть использованы в существующим виде для какого – либо переплава. Кроме того, пыль обладает низким коэффициентом смачивания ферросилицием и находясь на дне ковша при выпуске металла пыль всплывает на поверхность жидкого металла и теряется со шлаком. Поэтому необходимо проводить мероприятия по окускованию пыли [2].

Брикетирование осуществляли методом полигонной заливки и методом гидроимпульсного брикетирования.

При изготовлении брикетов методом полигонной заливки пыль или мелочь ферросилиция фракции ферросилиция фракции 0 – 3 мм смешивается в сухом виде с цементом марки «200» в весовом соотношении 4:1. В смесь добавляется вода до получения пластичного раствора. Раствор заливается в кассетные формы с квадратными ячейками 70×70 мм на специально подготовленном полигоне. В течение 48 часов проводится сушку брикетов на воздухе. После этого брикеты приобретают достаточную механическую прочность и извлекаются из форм.

Однако, наличие влаги в брикете, изготовленного по данной технологии, не позволяет использовать их для раскисления стали.

Брикетирование пыли методом гидроимпульсного брикетирования осуществляется на брикет-прессе, работающего по гидроимпульсному принципу на основе конструкций гидромолотов.

Исходный материал (циклонная пыль) самотеком поступает в рабочую камеру брикет-пресса. Гидроплунжером производится удар ударником молота, разгон которого производится сжатым воздухом. За счет высокой энергии удара происходит сильное сжатие и дробление частиц исходного материала. При этом достигается их взаимное сцепление, что обеспечивает механическую прочность брикета без специального связующего. Отсутствие жидкого связующего при получении брикетов на брикет-прессах данной конструкции позволяет производить прессование в сухом виде, что сокращает затраты времени на сушку готовых брикетов и открывает возможность их использования потребителями вместо кускового ферросилиция, поскольку такие брикеты не содержат примесей влияющих на качество стали.

С готовыми брикетами можно предусмотреть различный вид переплава: переплав в ковше, переплав в рудотермической печи через колошник, переплав в ДСП – 1,5, в индукционной печи.

Брикеты, проплавленные в однофазной электропечи 230 кВА, сравнительно легко расплавлялись, а вновь загруженные – легко растворялись в жидком сплаве. Термического разрушения брикетов и

заметного улета пыли ферросилиция не обнаружено. По химическому составу полученный в виде слитков ферросилиций соответствовал ГОСТу.

При переплаве брикетов из пыли ферросилиция в ковше с жидким металлом они ведут себя аналогично кусковому ферросилицию, имеют гораздо меньшую удельную поверхность контакта с жидким ферросилицием. За счет этого эффект поверхностного натяжения на границе «брикет – жидкий ферросилиций» не оказывает значительного влияния на процесс растворения.

При одинаковых условиях выпуска металла в ковш определяющим фактором, обеспечивающим растворение брикетов в ковше, будет являться температура металла на выпуске. Температура металла, при нормально работающей печи, составляет 1800 – 1900 ^{0}С, что позволяет растворять в ковше 120 – 150 кг брикетов без риска «закозления» ковша при постоянном повторении этой процедуры.

При переплаве пыли в индукционной печи происходит минимальный угар легких элементов в процессе расплавлении металла, поскольку распределение мощности при нагреве и плавлении металла в объеме печи происходит равномерно и отсутствуют зона перегрева, как, например, в дуговых печах. Поэтому переплав в индукционных печах может рассматриваться как альтернатива использованию дуговых печей, с получением стандартного ферросилиция марки ФС75, а если переплав совмещать с рафинированием, то возможно получение сплава ФС75 с содержанием алюминия 0,5 – 1,0 %, титана 0,1 – 0,15 %.

На кафедре электрометаллургии, стандартизации и сертификации СибГИУ были проведены исследования использования отходов фракционирования ферросилиция для раскисления и легирования стали в ковше и в качестве восстановителя в брикетах для прямого легирования стали [3].

Для раскисления и легирования стали в ковше пыль фракционирования ферросилиция окомковывали. Для окомкования отходов использовали тарельчатый гранулятор, в качестве связующего – жидкое стекло и сульфитно-спиртовую барду в количестве 7 – 10 % от веса пыли. Размер окатышей 10 – 25 мм Окатыши использовали на механическую прочность и влагостойкость. Но этим параметрам окатыши удовлетворяют потребительским требованиям, они пригодны для транспортировки и хранения.

Выплавляли сталь в дуговой лабораторной печи. Одну треть окатышей загружали на дно ковша, остальное количество окатышей – в струю во время выпуска металла. Степень усвоения кремния примерно 50 %.

Так же возможно применение циклонной пыли ферросилиция в брикетах для прямого легирования стали в качестве восстановителя.

Брикеты готовились из дробленной марганцевой руды, отходов ферросилиция, доломита. В качестве связующего использовали жидкое стекло. Вес брикета составлял 150 – 200 г. Брикеты проплавляли в печи Таммана. В результате излечение марганца из руды 82 – 85 %.

Брикеты использовали для раскисления и легирования стали в ковше марганцем и кремнием. Сталь выплавляли в индукционной печи. Брикеты вводили на дно ковша и в струю металла по ходу выпуска. Полезное использование кремния составило 78 – 80 %. Сквозное извлечение марганца 75 – 78 %. Полученный металл содержал 0,6 – 1,1 % марганца и 0,3 – 0,6 % кремния.

Таким образом, используя варианты рациональной технологической переработки пыли от дробления ферросилиция возможно не только утилизировать отходы производства и сократить потери металла при выплавке и разливке и но и увеличить выход продаваемых классов.

Библиографический список:

1. Белкин А.И. Исследование пылеобразования и обеспечение пожаровзрывоопасности при производстве фракционированных ферросплавов / А.И. Белкин // Сталь. – 2004. – №12. – с. 51 – 57.
2. Павлов С.Ф. Отходы и выбросы при производстве ферросилиция / С.Ф. Павлов, Ю.П. Снитко, С.Б. Плюхин // Электрометаллургия. – 2004. – №4. – с. 22 – 28.
3. Нохрина О.И. / О.И. Нохрина, И.Д. Рожихина, А.В. Маркушев/ Использование отходов фракционирования ферросилиция для раскисления и легирования стали // Тезисы докладов X Межд. научной конференции Современные проблемы электрометаллургии стали. – Челябинск, 1998. – С. 89 – 90.

УДК 669.168:621.365

ПЕРЕРАБОТКА ШЛАКОВ ПРОИЗВОДСВА СИЛИКОМАРГАНЦА

РОЖИХИНА И.Д., РОМАНЕНКО Ю.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк.

Металлургические предприятия сегодня большое значение

придают рациональному использованию внутренних сырьевых ресурсов и утилизации промышленных отходов. В последние годы приоритетным направлением в сфере обращения с текущими отходами ферросплавного производства стало их максимальное вовлечение в технологические процессы, что в свою очередь способствует сбережению материальных и энергетических ресурсов, снижению себестоимости продукции и выполнению требований природоохранного законодательства Российской Федерации и международного стандарта ISO 140001:2004.

Физико-химические особенности непрерывного углеродотермического процесса получения силикомарганца приводят к неизбежным потерям марганца со шлаком. В шлаковые отходы переходит около 20 % марганца от заданного количества шихтой. В шлаковых отходах марганец находится в оксидном и восстановленном виде. По данным рентгеноструктурного анализа, оксид марганца (MnO) в шлаке находится в виде соединений типа $MnSiO_3$ и Mn_2SiO_4, остальные оксидные компоненты составляют геленит – $2CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}SiO_2$. Металлическая составляющая состоит в основном из Mn_5Si_3 , MnFeSi и карбидов [1].

Отвальный шлак силикомарганца содержит, %: 47,0 – 49,0 SiO_2, 14,0 – 16,0 MnO, 12,0 – 14,0 CaO, 4,0 – 6,0 MgO, 7,0 – 8,0 Al_2O_3.

С учетом постоянного роста цен на марганцевые концентраты и кварциты, удорожания транспортных услуг, рециклинг марганца и кремния отвального шлака силикомарганца приобретает актуальную задачу в современной технологической схеме производства силикомарганца. К тому же использование отвального шлака силикомарганца в строительной индустрии, закладке выработок в шахтах ведет к безвозвратным потерям и марганца и кремния.

Поэтому необходимо перерабатывать шлак производства силикомарганца и использовать его для выплавки стандартного (или высококремнистого) силикомарганца взамен части марганцевого сырья и кварцита.

Существующие технологии рассматривают несколько вариантов.

Брикетирование предварительно измельченного гранулированного или кускового шлака силикомарганца вместе с углеродистым восстановителем. Далее полученные брикеты используются при выплавке силикомарганца взамен части марганцевого сырья, кварцита и коксика [2].

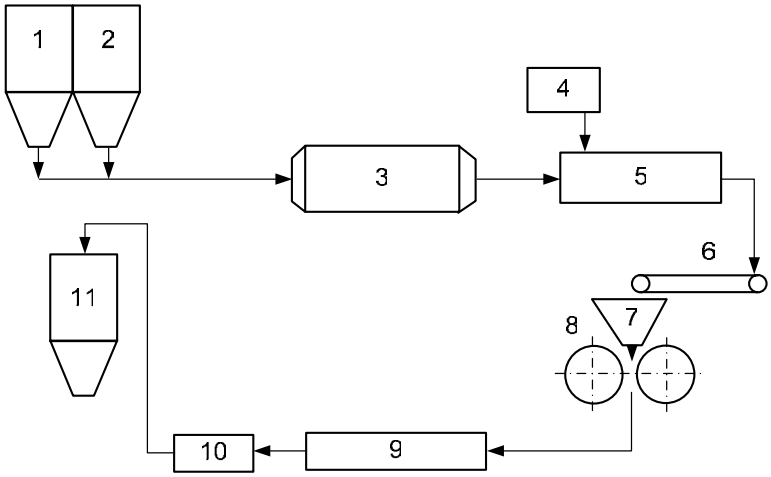
Состав шлакоугольных брикетов, %: 8,7 Mn, 1,1 Fe, 0,03 P, 33,6 SiO_2, 4,5 Al_2O_3, 11,9 CaO, 3,7 MgO, 0,07 P_2O_5, 13,5 $C_{тв}$.

При расчете состава колоши шихты целью было получение

стандартного силикомарганца МнС17. В составе шихты предусматривается замена кварцита шлакоугольными брикетами с одновременным уменьшением соответствующего расхода коксика марганцевого концентрата.

Авторами [2] была разработана схема производства, позволяющая вводить в промышленное производство шлак силикомарганца.

Силикомарганец в объеме 30 % общего производства выплавляется по существующей (базовой) технологии, а шлак после гранулирования его жидкой части и дробления ковшевых остатков используется для изготовления шлако-угольных брикетов. Остальной объем силикомарганца (70 %) выплавляется по разработанной технологии. Образующийся при производстве силикомарганца по базовой технологии шлак подвергается грануляции, подается в открытый склад шлака брикетной фабрики и ленточными конвейерами — в отделение подготовки материалов, где он сушится до влажности 0,5 – 3 %, а затем направляется одновременно с газовым углем в шаровую мельницу для смешивания и совместного измельчения до фракции 0 – 2 мм (рисунок 1).



1 – бункер шлака; 2 – бункер угля; 3 – шаровая мельница; 4 – емкость для связки; 5 – смеситель; 6 – ленточный конвейер; 7 – бункер-дозатор; 8 – брикетировочный пресс; 9 – ленточное сушило; 10 – грохот; 11 – бункер брикетов

Рисунок 1 – Технологическая схема брикетирования шлаков силикомарганца.

На брикетировочный пресс смесь подается смесителем шнекового типа, обогреваемым паром, куда добавляется в определенной пропорции связка – сульфитно-спиртовая барда. Сырые брикеты подвергаются рассеву на грохоте: фракция менее 20 мм возвращается в

смеситель, а более 20 мм элеватором подается на сушку в ленточное сушило. Рассев сухих брикетов позволяет отделить фракцию менее 20 мм и возвратить ее на стадию совместного измельчения шлака и угля, а готовые брикеты направить в шихтовые бункеры, откуда брикеты распределяются по печам для выплавки силикомарганца по разработанной технологии. Образующийся при этом отвальный шлак вывозится в действующее отделение шлакопереработки, где перерабатывается на шлаковый щебень и шлаколитые изделия с предварительным извлечением корольков силикомарганца.

По технологическим параметрам процесс плавки силикомарганца по технологии с использованием шлакоугольных брикетов практически соответствует режимам работы печи по действующей технологии. Работа печи характеризуется устойчивой токовой нагрузкой и глубокой посадкой электродов.

При применении шлакоугольных брикетов взамен части марганца и кварцита получен стандартный по содержанию кремния силикомарганец с более низким содержанием фосфора. Извлечение марганца увеличилось на 5 – 8 % и кремния на 3 – 4 %. Замена кварцита, части марганцевого сырья и кокса шлакоугольными брикетами снижает шлакование марганца концентрата, что подтверждается уменьшением кратности шлака с 1,31 до 1,10 – 1,05 и содержанием марганца в шлаке с 16,4 до 10,5 – 12,2 %.

Потери марганца с конечным шлаком снизятся на 5 – 7 %, расход марганцевого сырья сократится на 200 – 300 кг, кварцита – на 200 – 290 кг и коксика – на 18 – 25 кг на 1 т базового сплава. Сквозное извлечение марганца из марганцеворудного сырья без учета марганца, вносимого брикетами, при применении данной технологии составит 80 – 84 %.

Альтернативой технологии брикетов является металлургический передел шлака производства силикомарганца с получением нового сплава – ферросиликомарганца с пониженным содержанием марганца по сравнению со сплавов, полученным из марганцевой руды, и весьма низкой (0,07 %) концентрацией фосфора.

Данная технология основывается на том, что наибольшие потери марганца при производстве карботермического силикомарганца происходит с прометалленными шлаковыми отходами, выход которых составляет 24,08 % массы ферросиликомарганца (таблица 1).

Металлургическая технология переработки шлаковых отходов предусматривает не только осаждение металлических включений, но и максимальное восстановление марганца из оксидов. Полученный металл должен соответствовать требованиям, предъявляемым к реализуемым продуктам, в частности к ферросиликомарганцу.

При использовании прометалленных шлаковых отходов для получения кремнистого металла возможно использование в качестве восстановителя кремния, карбида кремния, а также углерода. При восстановлении марганца из шлака кремнием, карбидом кремния или твердым углеродом остаточная концентрация оксида марганца в шлаке более низкая по сравнению с действующим производством ферросиликомарганца, при этом при использовании указанных трех восстановителей получены практически одинаковые результаты. Таким образом, процесс извлечения марганца из мараганецсодержащих шлаковых отходов включает в себя расплавление и осаждение металлической составляющей кремнием и углеродом с добавкой в шлак оксида кальция.

Осаждение металла и довосстановление марганца из оксидов шлаковых отходов возможно проводить в рафинировочных печах мощностью 5 МВА, футерованных угольными блоками. Для извлечения марганца из шлаковых отходов производства силикомарганца применяют отвальный шлак, прометалленые шлаковые отходы, шлак (отходы) производства ферросилиция, магнезит, известь, отходы производства графитированных электродов.

Таблица 1 – Состав прометалленых шлаковых отходов (n – доля металла и шлака) [1]

Материал	Содержание, %							
	n	Mn	(Si)*	Fe	MgO	Al_2O_3	C	P
1. Отходы после очистки горячих ковшей:		35,11	18,15	6,53	1,57	6,54		
металл	44,25	67,20	17,84	10,73			4,20	0,03
шлаковая фаза	55,75	9,64	18,40	3,20				
2, Отходы после холодной очистки ковшей:		39,89	18,55	6,79	1,12	8,30		
металл	52,55	67,21	17,25	12,44			3,07	0,03
шлаковая фаза	47,45	9,64	19,99	0,54				
3. Отходы с разливочной машины:		57,49	20,41	9,41	1,29	1,10		
металл	84,00	66,60	21,25	11,10			1,99	0,04
шлаковая фаза	16,00	9,64	16,00	0,54				
4. Гранулы с разливочной машины:		56,72	16,22	10,62	4,30	16,50		
металл	80,00	68,49	17,90	11,39			2,17	0,05
шлаковая фаза	20,00	9,64	9,50	7,52				
5. Скрап с разливочной		55,58	17,74	8,83	1,63	1,70		

машины:								
металл	67,00	68,30	17,40	13,18			2,68	0,05
шлаковая фаза	33,00	29,75	18,43					
*Si – окисленный и металлический в пересчете на Si								

Степень извлечения марганца из указанных шлаковых отходов силикомарганца характеризуется высокой устойчивостью, кремний отходов производства ферросилиция служит растворителем восстановленного марганца и способствует увеличению степени восстановления марганца [1].

В результате металлургического передела получается сплав силикомарганца. Расходные показатели плавки, химический состав металла и шлака приведены в таблице 2.

Реализация технологии проплавления отвального шлака производства карботермического силикомарганца, шлака производства ферросилиция, отходов графитации и извести в рафинировочной печи увеличивает сквозное извлечение марганца от марганцевой руды до товарной продукции до 85 – 90 % и повышает выход товарной продукции из исходного марганцевого сырья.

Таким образом, комплексный подход к проблеме утилизации отходов в последние годы привел к техническим и организационным решениям, совершенствованию технологий производств, которые в свою очередь позволяют повысить степень извлечения ведущего элемента, что оправдано экономически, и улучшать экологическую ситуацию региона по средствам уменьшения шлаковых отвалов.

Утилизация вторичных ресурсов – эффективный путь защиты окружающей среды.

Таблица 2 – Показатели извлечения марганца из шлаковых отходов силикомарганца

Показатель	Расход
Расход шихты на плавку, кг:	
прометалленный шлаковый отход	1048
отвальный шлак	5662
шлак производства ферросилиция	384
магнезит	507
отходы графитации электродов	99
известь	2420
Расход электроэнергии, кВт/ч:	
на плавку	7194,3

на 1 т шихты	676,5
на 1 физ. т. металла	4935
Масса полученного металла, кг:	1458
Состав металла, %:	
Mn	62,98
Si	18,66
C	1,54
P	0,07
Состав шлака, %:	
MnO	2,93
FeO	0,48
CaO	41,25
MgO	6,64
SiO_2	34,44
Al_2O_3	9,11
Кратность шлака	5,97

Библиографический список

1. Зайко В.П. Извлечение марганца из шлаковых отходов производства ферросиликомарганца / В.П. Зайко, В.В. Вахрушин, Ю.И. Воронов // Электрометаллургия. – 2003. – № 12. – С. 27 – 32.
2. Гасик М.И. Рециклинг марганца и кремния в технологической схеме процессов выплавки силикомарганца / М.И. Гасик, В.А. Гладких, О.Ю. Крышин // Сталь. – 2001. – № 8. – С. 76 – 78.
3. Белан В.Д. Утилизация отходов производства в ОАО «Запорожский завод ферросплавов» / В.Д. Белан, А.Л. Фишман // Сталь – 2003. – № 9. – С. 60 – 61.

УДК

ЗОЛОШЛАКОВЫЕ ОТХОДЫ ТЭЦ НА КУЗНЕЦКИХ УГЛЯХ И ПУТИ ИХ МАСШТАБНОЙ УТИЛИЗАЦИИ

САЛОМАТОВ В.В.

Институт теплофизики СО РАН
г. Новосибирск

Масштабы переработки твердых отходов угольных теплоэлектростанций на сегодня крайне низки, что вызывает скопление

огромных количеств золошлаков в золоотвалах, требующих изъятия из оборота значительных площадей.

Между тем золошлаки кузнецких углей (КУ) содержат ценные компоненты, такие как Al, Fe, редкие металлы, которые являются сырьем для других отраслей. Однако, при традиционных методах сжигания этих углей не удается в широких масштабах использовать золошлаки КУ, так как за счёт образования муллита они имеет высокую абразивность и химически инертны ко многим реагентам. Попытки использовать золошлаки такого минералогического состава в производстве строительных материалов приводят к интенсивному износу технологического оборудования и снижению производительности в связи с замедлением физико-химических процессов взаимодействия компонентов золы с реагентами.

Избежать муллитации золы кузнецких углей возможно при изменении температурных условий их сжигания. Так, использование кипящего слоя для сжигания угля при 800…900 ^{o}C позволяет получать золу менее абразивную, а основными минералогическими фазами её будут метакаолинит, γAl_2O_3; кварц, стеклофаза [1].

Утилизация золошлаковых отходов ТЭЦ
при низкотемпературном сжигании КУ

Количество золошлаковых отходов от наиболее типовой ТЭЦ электрической мощностью 1295/1540 МВт и тепловой мощностью 3500 Гкал/ч составляет порядка 1,6…1,7 млн т в год.

Химический состав золы кузнецкого угля:

SiO_2 = 59 %; Al_2O_3 = 22 %; Fe_2O_3 = 8 %; CaO = 2,5 %; MgO = 0,8 %; K_2O = 1,4 %; Na_2O = 1,0 %; TiO_2 = 0,8 %; $CaSO_4$ = 3,5 %; C = 1,0 %.

Использование золы кузнецких углей эффективнее всего в производстве сульфата алюминия и глинозёма по технологиям Казахского политехнического института. Исходя из вещественного состава золы КУ и ее количества, схема утилизации представлена на рисунке 1.

В России производится всего 6 спецвидов глинозёма, в то время как только в Германии – около 80. Их спектр применения очень широк – от оборонной промышленности до производства катализаторов для химической, шинной, лёгкой и других отраслей. Потребности в глинозёме в нашей стране не покрываются собственными ресурсами, вследствие чего часть бокситов (сырья для производства глинозёма) импортируется из Ямайки, Гвинеи, Югославии, Венгрии и других стран.

Рисунок 1 – Схема утилизации золы низкотемпературного сжигания

Использование золы кузнецкого угля позволит несколько выправить положение с дефицитом сульфата алюминия, являющимся средством для очистки сточных и питьевых вод, а также применяемых в больших количествах в целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей, лёгкой, химической и других секторах промышленности. Дефицит сульфата алюминия только в районе Западной Сибири составляет 77…78 тыс. т.

Кроме того, дисперсный состав глинозёма, полученного после сернокислотной переработки, позволяет получать различные виды спецглинозёма, потребность в которых будет в определённой степени удовлетворена при производстве их в количестве 240 тыс.т.

Отходы производств сульфата алюминия и глинозёма являются сырьевым компонентом для производства жидкого стекла, белого цемента, вяжущих материалов для закладки выработанного горного пространства, тарного и оконного стекла.

Потребность в этих материалах возрастает, и спрос на них в настоящее время значительно превышает объёмы их производства.

Ориентировочные технико-экономические показатели данных производств представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели по переработке золы кузнецких углей

Наименование производств	Мощность, тыс. т	Цена дол./т	Себестоимость, дол./т	Капиталовложения, млн. дол.	Экономический эффект, млн. дол.	Срок окупаемости, лет
Производство спецвидов глинозёма	240	33	16	20	4	5
Производство сульфата алюминия	50	12	7	1	0,25	4
Производство ферросплавов	100	27	16	5	1	5
Производство жидкого стекла	500	11	8	6	2	3
Производство белого цемента	1000	5	4	3	0.65	4,6
Производство вяжущих материалов	600	3	2	3	0,6	5
Производство стекла	300	18	15	5	1	5
ИТОГО				42	9	4,7

Кроме того, целесообразно производство из золы КУ редких и рассеянных металлов, в первую очередь галлия, германия, ванадия и скандия.

Из-за того, что ТЭЦ по условиям своего графика работает с

переменной нагрузкой в течение года, выход золы неравномерен. Заводы же по переработке золы должны работать ритмично. Хранение сухой золы представляет определённые трудности. В этой связи предлагается в зимнее время часть золы направлять на грануляцию при помощи окомкователей, выпускаемых «Уралмашем». После окомкования и сушки гранулы обжигаются в топке котла, а затем пневмотранспортом направляются на временное хранение в сухой склад. Золовые гранулы в дальнейшем могут быть сырьевой базой для стройиндустрии или применяться в дорожном строительстве.

Хранение гранул в открытом сухом складе не требует специальных защитных мероприятий и не создаёт опасности пыления. Ёмкость такого золоотвала составляет примерно 350…450 тыс. т., площадь около 300×300 м^2. Следовательно, он может находиться в непосредственной близости от площадки ТЭЦ.

Наилучшие показатели по утилизации будут иметь золошлаковые отходы, получаемые после сжигания КУ в котельных агрегатах с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС), которые Россия пока не выпускает. Котлы с ЦКС, обеспечивают не только резкое снижение выбросов окислов азота и серы, но и выдают золошлаковые отходы, которые успешно можно применять в промышленности для получения глинозёма и строительных материалов. Это позволяет удешевить электростанцию за счёт резкого сокращения территорий, необходимых для складирования золы, снизить загрязнение окружающей среды. Уменьшение пыления на ТЭЦ с котлами ЦКС происходит, во-первых, за счёт уменьшения площади золоотвала, во-вторых, за счет того, что зола, полученная при сжигании кузнецкого угля в ЦКС, содержит гипс и обладает вяжущими свойствами. При некотором смачивании такой золы она будет твердеть, что устранит пыление даже в случае высыхания золоотвала.

Поскольку зола транспортируется на промышленные предприятия пневмотранспортом, потребление воды также несколько снижается. Кроме того, отсутствуют сточные воды с золоотвала, которые на ТЭЦ с традиционными пылеугольными котлами содержат соли тяжёлых металлов и другие вредные вещества.

Производство сульфата алюминия и глинозёма

Технология получения сульфата алюминия и глинозёма на основе золы низкотемпературного сжигания представлена на рисунке 2.

Оптимальными условиями осуществления данной технологии являются следующие:

– сжигание угля (температурный режим 800…900 ^{o}C);

– измельчение (тонина помола – 0,4 мм (не менее 90 %);

– сернокислотное вскрытие (температура 95…105 ^{o}C, продолжительность 1,5…2 ч, концентрация серной кислоты 16…20 %);

– разделение жидкой и твёрдой фаз (фильтроткань артикул Л-136, разрежение 400…450 мм рт. ст., нутч-фильтр 0,37…0,42 $м^3/м^2 \cdot ч$);

– промывка шлама двухстадийная;

– гидролитическое разложение (температура 230 ^{o}C, время 2 ч);

– термическое разложение (температура 760…800 ^{o}C).

Полученный продукционный сульфат алюминия (50 тыс. т в год) после грануляции и фасовки в полиэтиленовые мешки отправляется потребителям. Выполненная технико-экономическая оценка, показывает целесообразность производства сульфата алюминия на основе золы низкотемпературного сжигания.

Сульфат алюминия, полученный из золы, является хорошим коагулянтом для очистки промышленных сточных вод.

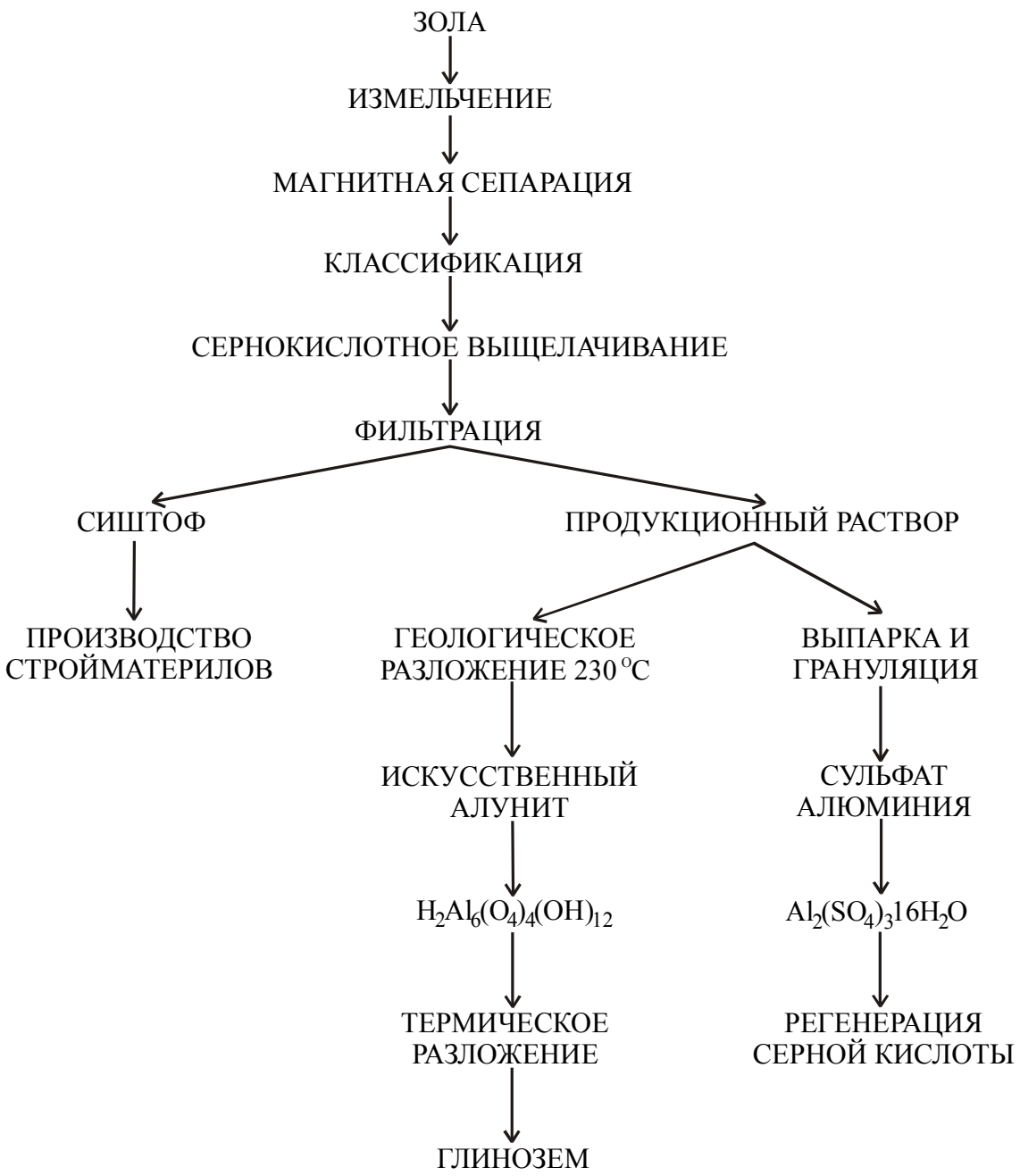


Рисунок 2 – Сернокислотная схема получения глинозема и сульфата алюминия

Сиштоф после сернокислотной обработки ввиду малого содержания окислов железа (менее 0,5…0,7 %) является заменителем песка в производстве белого цемента, а наличие в нём 4…6 % гипса позволит интенсифицировать сами процессы получения цемента.

Производство ферросплавов и строительных материалов

Получение ферросплавов на основе минеральной части углей разработано основательно. Проведено опробование промышленных технологий получения ферросиликоалюминия и ферросилиция из

золошлакоотходов, близких по составу к золам кузнецких углей и их магнитной составляющей, которая может быть выделена методами магнитной сепарации. Полученные сплавы испытаны в промышленном масштабе на металлургических заводах страны для раскисления стали, и дали положительные результаты.

Получение строительных материалов на основе сиштофа не требует изменения существующих технологий указанных производств. Сиштоф используется в качестве сырьевого компонента и заменяет кварц, а также другие кремнийсодержащие продукты, используемые в производстве строительных материалов. Кроме того, оксид кремния, содержание которого в сиштофе составляет 75…85 %, представлен в основном в виде аморфного кремнезема с высокой химической активностью, что позволяет прогнозировать улучшение показателей и качества цемента и вяжущих. Минимальное количество железистых и других окрашивающих соединений в сиштофе даёт возможность получать на его основе белый цемент, потребность в котором очень велика.

Технологии получения цемента, вяжущих материалов, жидкого стекла также отработаны в промышленности.

Заключение

Золошлаковые отходы, получаемые при сжигании кузнецких углей в энергетических парогенераторах по новой для России технологии циркулирующего кипящего слоя, востребованы для масштабной утилизации. Экономически эффективно из них производить по уже освоенным в промышленности технологиям весьма дефицитные ферросплавы, сульфат алюминия, спецвиды глинозема, жидкое стекло, белый цемент, вяжущие материалы.

Библиографический список

1. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях: монография / В.В. Саломатов. – Новосибирск: изд-во НГТУ, – 2006. – 853 с.

УДК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

КОЛЬЧУРИНА И.Ю.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Производство алюминиевых сплавов связано с образованием твердых и газообразных отходов, хранение и утилизация которых требует определенных материальных затрат. В настоящее время разработан ряд технологий, основной задачей которых является извлечение из шлаков – наиболее значительного по объему из образующихся в производстве твердых отходов, основного металла.

Понятие шлак в металлургии чаще всего используется для обозначения продукта пирометаллургической переработки сырья, который существенно отличается от конечного продукта по составу и физико-химическим свойствам, и характеризуется более низким содержанием извлекаемого металла.

Шлаки представлены преимущественно оксидами основного и легирующих элементов [1], и могут быть использованы для модифицирования алюминиевых сплавов. В этом случае реализуется механизм примесного модифицирования, включающий введение в расплав твердых частиц извне или создание условий для их образования при кристаллизации сплава. При этом частички шлака являются центрами кристаллизации новой фазы.

Шлак синтетического силумина, образующийся в системе Al – SiO_2 при продувке водяным паром, содержит тугоплавкие составляющие – оксиды, частички которых имеют структурное сходство с решеткой кристаллизующейся фазы, в частности, имеют параметры кристаллической решетки, близкие к параметру решетки α-твердого раствора кремния в алюминии (a_0 = 4,04 Å) и высокую температуру плавления (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры кристаллических решеток и температура плавления фаз, входящих в состав шлака синтетического силумина

Вещество	Параметры кристаллической решетки [105]	Температура плавления, ^{0}C [106]	Тип кристаллической решетки

	a_0, Å	c_0, Å		
Al	4,049	-	660,2	Кубическая
SiO_2	4,913	5,405	1710,0	Гексагональная
Si	5,430	-	1420,0	Кубическая
α-Al_2O_3	4,758	12,991	2050,0	Тригональная

Исследованиями [2] установлено, что обработка расплава шлаком синтетического силумина приводит к измельчению участков выделений α-твердого раствора и увеличению областей выделения эвтектики сплавов АК12, АК9ч, АК7ч, т.е. шлак является модификатором без дополнительной переработки, так как содержит оксидные составляющие, являющиеся потенциальными центрами кристаллизации (рисунок 1). Модификатор, представляющий собой шлак синтетического силумина, получил условное обозначение М0 [3].

Для расширения возможностей этого нового типа модификаторов, с точки зрения повышения комплексности воздействия на литую структуру силуминов, в его состав вводились элементы, воздействующие на размер и количество отдельных структурных составляющих алюминиевых сплавов.

Предложено обрабатывать расплав силумина модифицирующими присадками на основе шлака синтетического силумина, легированного:

– фосфором (модификатор М1);

– бором (модификатор М2);

– фосфором и бором (модификатор М3).

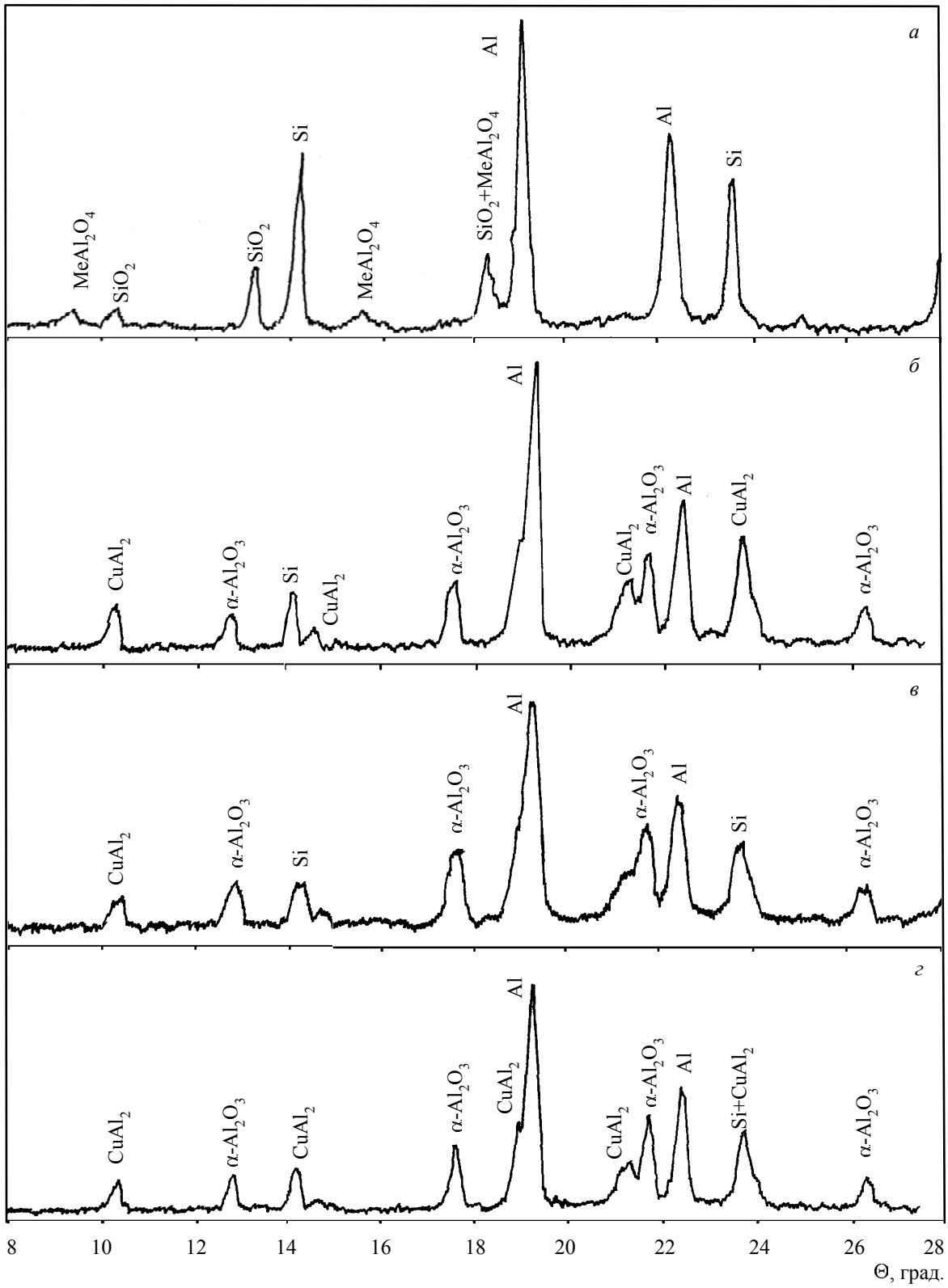
Эти присадки содержат более двух элементов, и одновременно измельчают α-твердый раствор кремния в алюминии, эвтектику и первичный кремний. Применение комплексных лигатур значительно эффективнее применения присадок, содержащих каждый элемент в отдельности. Также применение этих модификаторов отвечает современным требованиям, предъявляемым к технологическому процессу с точки зрения экономики и экологии, а элементы, входящие в их состав, помимо обеспечения комплексности воздействия, являются дешевыми и экологически безопасными.

Так использование небольших количеств фосфористой меди (0,5 – 10 % от массы присадки) для приготовления присадки, по сравнению с модифицированием фосфористой медью, позволит снизить затраты на модифицирование и улучшить условия труда, т.к. значительно сокращается количество опасного вещества – фосфора. При этом прочность и пластичность сплавов АК9пч и АК7ч, обработанных лигатурой М1, возрастает на 7 – 20 % и 16 – 60 % соответственно.

При введении в расплав модификатора на основе шлака синтетического силумина, легированного бором (содержание оксида бора 5 – 10 % от массы присадки), возможно измельчение участков выделений α-твердого раствора кремния в алюминии, первичных кристаллов кремния и увеличение доли участков выделения модифицированной эвтектики, что положительно скажется на уровне механических свойств сплавов: на 11 – 26 % и 15 – 60 % повышаются прочность и пластичность сплавов АК9пч и АК7ч. При этом в технологическом процессе используется доступное и экологически безопасное соединение бора – борную кислоту.

При введении в шлак синтетического силумина фосфористой меди и оксида бора (модификатор М3), помимо фосфида алюминия в процессе приготовления присадок образуются соединения, идентифицированные рентгенофазовым анализом (рисунок 1) как $CuAl_2$, $MeAl_2O_4$.

При обработке расплавов присадкой, содержащей шлак синтетического силумина, фосфористую медь и борный ангидрид, механические свойства сплава АК12пч увеличились: прочность на 7 – 15 %, пластичность на 6 – 20 %.



а – модификатор М0; б – модификатор М1;
в – модификатор М2; г – модификатор М3

Рисунок 1 – Дифрактограммы модификаторов
на основе шлака синтетического силумина [4]

Вывод: использование шлаков производства алюминиевых сплавов обеспечивает снижение экологической опасности технологических процессов, ресурсосбережение и утилизацию отходов производства за счет использования для приготовления модификаторов шлака синтетического силумина и добавок легирующих элементов, регулирующих размер и количество структурных составляющих алюминиевых сплавов при одновременном повышении уровня механических и технологических свойств сплавов за счет формирования мелкокристаллической структуры и микролегирования α-твердого раствора.

Библиографический список

1. Жолнин А.Г. Структура и свойства алюминийсодержащих шлаков / А.Г. Жолнин, С.Б. Новичков // Цветные металлы, 2006. – № 5. – С. 71 – 78.
2. Федотов В.М. Экологически чистый модификатор алюминиево-кремниевых сплавов / В.М. Федотов, В.Н. Лебедев // Технология. Сер. Ресурсосберегающие процессы, оборудование, материалы – 1993. – № 1-2. – С. 57-61.
3. Модифицирование силуминов. – Киев: Наукова думка, 1970. – 179 с.
4. Кольчурина И.Ю. Разработка и освоение технологии модифицирования алюминиевых сплавов комплексными лигатурами на основе техногенных отходов. Автореферат диссертации на соискание уч. ст. канд. техн. наук.: Новокузнецк: ГОУ ВПО «СибГИУ», 2006 г. – 22 с.

УДК 621.793.622.8

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВОССТАНОВИТЕЛИ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Халаман Н.А., Волынкина Е.П.

ООО «Экологический региональный центр»,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

На долю черной металлургии приходится около 16 % общих выбросов промышленности. При этом, по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, доля утилизируемых отходов на металлургических предприятиях не превышает 44 %. Отправляя отходы в отвалы, предприятия не только

несут затраты, связанные с экологическими платежами, но и безвозвратно теряются тонны ценного сырья.

Мировой опыт показывает, что утилизации отходов металлургических предприятий в собственном производстве наиболее эффективна, что обусловлено следующими причинами:

– соответствие улавливаемых мелких отходов (в основном пыли и шламов) по содержанию основных компонентов используемой в данном производстве шихте;

– менее жесткие требования к отходам в собственном производстве, чем в случае их поставки сторонними организациями;

– наличие на предприятии свободных мощностей и развитой инфраструктуры;

– большие трудности (и даже невозможность) транспортировки мелкодисперсных и влажных отходов на большие расстояния.

Традиционным способом утилизации мелкодисперсных железосодержащих является их использование в качестве добавки к аглошихте. Однако опыт ряда металлургических предприятий показывает, что количество мелкодисперсных железосодержащих отходов, утилизируемых в агломерационном производстве ограничено. Использование более 120 кг железосодержащих мелкодисперсных отходов на тонну агломерата приводит к снижению производительности аглоустановки и прочности агломерата. Кроме того, считается, что переработка отходов в агломерационном производстве металлургического предприятия является наименее эффективной.

В настоящее время все более широкое применение получает брикетирование мелкодисперсных металлургических отходов, которое позволяет перерабатывать сырье разного фракционного состава и обеспечивать необходимые технические характеристики обрабатываемому материалу. Брикеты могут эффективно перерабатываться в доменном и сталеплавильном производствах, заменяя агломерат, окатыши, шлакообразующие материалы, обеспечивая экономию кокса, металлолома, раскисляющих и легирующих добавок.

В последнее время наблюдается усиливающийся дефицит и постоянный рост цен на высококачественные малосернистые восстановители (кокс и природный газ), что приводит к необходимости применять альтернативные методы прямого восстановления железа, в том числе с получением металлизированного полупродукта той или иной степени восстановления и последующей переработкой в доменной печи.

Брикетирование мелкодисперсных железосодержащих отходов совместно с углеродным восстановителем и связкой с получением самовосстанавливающихся брикетов позволит возвратить их в сталеплавильное производства в виде источника железа. Использование таких брикетов делает ненужным агломерационное и коксохимическое производство, которые являются основными потребителями энергии и источником эмиссии вредных веществ в окружающую среду (более 70 % выбросов всей металлургии).

При использовании в качестве восстановителя углеродсодержащих компонентов твердых бытовых отходов (пластика, бумаги, древесины и т.д.) одновременно будет решаться и актуальная задача утилизации твердых бытовых отходов.

Согласно адсорбционно-каталитической теории восстановления органический восстановитель, равномерно распределенный в объеме тонкодисперсной пыли в брикете, пиролизуется, выделяющиеся летучие обеспечивают беспрепятственный подвод восстановительных газов к поверхности реагирования, оптимизируется внешнедиффузионный лимитирующий фактор процесса. По мере завершения газовыделения и повышения температуры внутри брикета вследствие его постепенного прогрева и выделения тепла за счет экзотермических реакций восстановления начинают развиваться процессы газификации углерода. Таким образом, летучие компоненты органических восстановителей способствуют протеканию восстановления железа, значительно ускоряя взаимодействие оксидов с восстановителем. При этом, оксиды железа внутри брикета катализируют процесс окисления углерода и снижают температуру плавления минеральной части. Таким образом, путем подбора эффективных восстановителей, вводимых в состав брикетов, могут быть получены самовосстанавливающиеся легкоплавкие брикеты для металлургических процессов.

Нами проведены исследования восстановительных процессов, протекающих в брикетах на основе мелкодисперсных железосодержащих отходов ОАО «НКМК» (колошниковая пыль, пыль ЭСПЦ, доменный шлам) и углеродсодержащих компонентов твердых бытовых отходов (бумага, полиэтилен, ПЭТФ, дерево) и ОСВ. Химический состав используемых восстановителей представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав используемых восстановителей

Наименование восстановителя	Химический состав, %				
	C^d	H^d	O^d	N^d	S^d

ПЭТФ	55,0	4,0	41,0	0	0
Полиэтилен	91,5	8,0	0	0,5	0,1
Дерево	51,0	6,1	41,6	0,2	0,1
Бумага	42,6	5,9	47,4	0,5	0,2
ОСВ	59,5	5,5	26,0	6,5	2,0

Для исследования восстановительных процессов изготовили брикеты следующего компонентного состава: 80 % – железосодержащие отходы, 15 % – восстановитель, 5 % – связующее (пластификатор).

Необходимое соотношение между железосодержащим компонентом и восстановителем определяли по стехиометрическим реакциям восстановления с учетом неполного использования восстановителя.

При изготовлении брикетов с ОСВ, деревом и бумагой железосодержащие отходы смешивали со связующим (смолой КХП), а затем в полученную смесь добавляли восстановитель и повторно перемешивали до однородной массы.

Вторичные полимеры (полиэтилен, ПЭТФ) сами являются связующим, однако для более полного их перемешивания с железосодержащими отходами применялся пластификатор, в качестве которого использовалось отработанное масло. Полиэтилен и ПЭТФ совместно с отработанным маслом предварительно нагревались до температуры 210 °С. Железосодержащие отходы также предварительно нагревались до температуры 180 – 210 °С. Компонентный состав изготовленных брикетов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Компонентный состав исследуемых брикетов

Обозначение	Железосодержащий отход, 80 %	Восстановитель, 15 %	Связующее, 5 %
ПЭЭ	Пыль ЭСПЦ	Полиэтилен	Масло
ПТЭ	Пыль ЭСПЦ	ПЭТФ	Масло
ДЭ	Пыль ЭСПЦ	Дерево	Смола КХП
БЭ	Пыль ЭСПЦ	Бумага	Смола КХП
ОЭ	Пыль ЭСПЦ	ОСВ	Смола КХП
ПЭК	Колошниковая пыль	Полиэтилен	Масло
ПТК	Колошниковая пыль	ПЭТФ	Масло
ДК	Колошниковая пыль	Дерево	Смола КХП
БК	Колошниковая пыль	Бумага	Смола КХП

ОК	Колошниковая пыль	ОСВ	Смола КХП
ПЭШ	Доменный шлам	Полиэтилен	Масло
ПТШ	Доменный шлам	ПЭТФ	Масло
ДШ	Доменный шлам	Дерево	Смола КХП
БШ	Доменный шлам	Бумага	Смола КХП
ОШ	Доменный шлам	ОСВ	Смола КХП

Восстановление оксидов железа в брикетах осуществляли в лабораторной муфельной печи при температуре 1100 ^{o}C в окислительной атмосфере в течение 60 минут. Результаты лабораторного анализа брикетов после прокалки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты лабораторного анализа брикетов после прокалки и степень восстановления железа

Обозначение	$Fe_{мет}$, %	$Fe_{общ}$, %	FeO, %	п.п.п., %	C, %	Fe_2O_3, %	$Fe_{мет}/Fe_{общ}$	$Fe^{+2}/Fe_{общ}$
ПЭЭ	0,56	48,01	27,43	-	0,43	37,31	1,17	44,56
ПТЭ	6,75	52,92	52,15	-	0,54	8,01	12,76	76,87
ДЭ	7,37	49,75	30,13	-	0,56	27,07	14,81	47,24
БЭ	0,74	42,68	5,26	0,32	0,4	54,07	1,73	9,61
ОЭ	9,96	50,87	40,97	-	0,46	12,92	19,58	62,82
ПЭК	3,05	52,14	22,16	1,16	3,24	45,51	5,85	33,15
ПТК	2,54	50,27	22,39	5,38	7,36	43,31	5,05	34,74
ДК	5,66	53,83	20,23	0,90	3,36	46,34	10,51	29,31
БК	3,34	48,89	18,46	2,12	3,20	44,56	6,83	29,45
ОК	8,60	46,73	31,97	2,78	7,36	18,95	18,40	53,36
ПЭШ	6,13	33,85	-	23,38	>25	39,6	18,11	-
ПТШ	5,91	30,48	-	28,3	-	35,1	19,39	-
ДШ	3,96	33,28	-	15,76	-	41,89	11,90	-
БШ	6,65	29,9	-	28,24	>20	33,21	22,24	-
ОШ	8,94	28,16	-	22,9	-	27,46	31,75	-

Полученные данные свидетельствуют о достаточно высокой степени восстановления при использовании углеродсодержащих компонентов ТБО. Степень восстановления железа в исследуемых брикетах до $Fe_{мет}$, рассчитанная из отношения $(Fe_{мет}/Fe_{общ})\cdot 100$ % и до Fe^{+2}, рассчитанная из отношения $(Fe^{+2}/Fe_{общ})\cdot 100$ %, представлена в

таблице 3. Наибольшую восстановительную способность проявили ОСВ. После прокалки брикетов на основе пыли ЭСПЦ и ОСВ в качестве восстановителя, степень восстановления до $Fe_{мет}$ составила 19,58, степень восстановления до Fe^{+2} – 62,82. Для брикетов на основе колошниковой пыли и ОСВ степень восстановления до $Fe_{мет}$ составила 18,40, до Fe^{+2} – 53,36.

Несмотря на то, что в полиэтилене содержание восстановителей (углерода и водорода) максимальное из используемых восстановителей (см. таблицу 1), он не проявил хороших восстановительных способностей. Вероятно, это связано с высоким содержанием в нем летучих компонентов, что обуславливает быстрое протекание реакций восстановления. При прокалке брикетов в течение 60 мин в окислительной атмосфере произошло вторичное окисление восстановленного железа. Можно предположить, что при сокращении времени выдержки брикетов в печи, степень восстановления оксидов железа полиэтиленом будет выше.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о возможности использования самовосстанавливающихся железоуглеродсодержащих брикетов непосредственно в сталеплавильных агрегатах с окислительной атмосферой в качестве заменителя чугуна и стального лома.

УДК

ОБЗОР МЕР, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОРГАНИЗАЦИЮ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ, В РАЗНЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РФ

ВЕЛИЧКО Е.В.

«ЭКО-бюллетеня ИнЭкА»
г. Новокузнецк

Предлагаю вашему вниманию обзор природоохранных программ, направленных на организацию системы управления отходами и принятых к исполнению в различных субъектах РФ с начала 2008 года по сентябрь включительно. Обзор составлен по материалам отраслевого информационного ресурса http: // www.solidwaste.ru, новостная лента которого строится на основе ежедневного мониторинга новостных и официальных Интернет-сайтов. Обзор не претендует на исчерпывающую полноту, тем не менее дает ясное представление о высокой динамике изменений, которые происходят в сфере управления

отходами, а также о сути и качестве предпринимаемых мер. Данные можно считать в достаточной степени достоверными, поскольку в подавляющем большинстве случаев первоисточниками информации являются официальные сообщения пресс-служб муниципалитов, областных\краевых администраций.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ФО

Проблема переработки мусора является одной из самых насущных для любого крупного города, но для Москвы она особенно актуальна: мегаполис производит 5,5 млн. тонн мусора в год, вывозя большую его часть (4 млн. тонн) на подмосковные полигоны твердых бытовых отходов. Сейчас 81 % отходов свозится на полигоны, 13 % - сжигается, 6 % идет на промышленную переработку. 10 подмосковных полигонов ТБО закрыты, на двух ограничен прием отходов, а емкость остальных будет исчерпана, в ближайшие 3 года. «Мы должны полностью изменить структуру обращения с отходами, - заявил Артур Кескинов, глава столичного департамента жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства, - К 2012 году на полигоны должно идти всего 12 % мусора. 56 % всех отходов (из них 93 % бытового мусора) должно подвергаться термической обработке - сжигаться. Уровень промышленной переработки должен быть доведен до 30 %. Эти цифры соответствуют европейским стандартам».

В связи с этим 11 марта 2008 года Правительство Москвы одобрило проект постановления «О развитии технической базы городской системы обращения с коммунальными отходами», согласно которому в столице будет функционировать 10 мусоросжигательных заводов (11.04.2008, mosedro.ru). Такой вариант решения проблемы вызвал бурное недовольство общественных экологических организаций и населения, тем не менее, продолжает рассматриваться в качестве основного варианта решения проблемы. Кроме того, во всех округах Москвы будут построены мусоросортировочные станции. Сейчас в столице работают три такие станции, еще семь построят в ближайшее время. Благодаря их строительству во вторсырье может уходить до 30% мусора. Кроме того, предполагается активное развитие системы фандоматов - аппаратов по приему алюминиевых банок из-под напитков (17.07.2008, www.kvadroom.ru) и рзаработка программы утилизации старых автомобилей (07.04.2008, www.5koleso.ru).

До конца этого года администрации *Москвы и Московской области* собираются подписать договор об утилизации отходов, поскольку в столице перерабатывается одна десятая часть от производимого ее населением мусора, остальной объем отправляется на подмосковные полигоны, поэтому город должен платить области.

Сейчас в Подмосковье действуют 48 полигонов. Их лимит будет исчерпан через 3 года (27.06.2008city-fm.ru/news/). Проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) в Подмосковье будет решаться путем строительства межмуниципальных полигонов, комплексов по сортировке мусора и мусороперерабатывающих заводов. Помимо четырех межмуниципальных полигонов до 2011 года в области планируется построить также шесть комплексов сортировки мусора и два завода по его глубокой переработке. В рамках программы «Экология Подмосковья на 2009 – 2011 годы» областное правительство направляет на эти цели 450 миллионов рублей. **(**29.07.2008, www.oka-info.ru)

В *Раменском* (Московская область) мусоровозы оборудованы датчиками, подключенными к навигационной системе GPRS. Для этой цели из городского бюджета был выделен 1 млн. руб. Такая система контроля окупила себя в первые же четыре месяца работы, а расход бензина сократился на 40 литров в день (24.07.2008, www.vesti-moscow.ru).

В Брянской области строят мусороперерабатывающий завод. Стоимость строительства оценивается в 31 миллион 163 тысячи рублей. Предприятие будет использовать переработанные отходы для производства тротуарной плитки, полиэтиленовых труб и искусственной хвои. Все не подлежащие переработке отходы будут утилизироваться на полигоне (08.04.2008, www.kvadroom.ru).

В ближайшее время власти города *Тулы* будут решать вопрос о строительстве нового или расширении прежнего полигона, поскольку ныне действующий полигон, куда спецслужбы по уборке мусора ежегодно вывозят порядка 1 миллиона кубометров ТБО, и уже сейчас высота стены из мусора над уровнем дороги составляет 25 м. (25.06.2008, www.tula.rodgor.ru). Кроме того, в Туле построят полностью автоматизированный завод по переработке мусора мощностью 320 тыс. тонн в год. На строительство завода потребуется примерно год и 50 млн. евро – средства на строительство выделит частный предприниматель. (25.06.2008, www.tula.rodgor.ru).

Администрация *Владимирской области* заключила контракт с проектным институтом "Градостроительство" (г. Москва) на разработку второго этапа схемы территориального планирования. Один из её разделов будет посвящён планированию объектов сортировки, переработки и утилизации мусора. В 2010 году схема обращения отходов должна быть готова (30.07.2008www.regnum.ru).

Администрация города *Орел* заключила договор о сотрудничестве с компанией "Экологический Альянс" по строительству на городском

полигоне ТБО мусороперерабатывающего завода производительностью 200 тыс. тонн в год. Реализация проекта направлена на внедрение комплексной программы по сбору, вывозу и переработке твердых бытовых отходов. Проект предусматривает также строительство четырех перегрузочных станций, приобретение высокотехнологичной коммунальной техники, строительство и оборудование контейнерных площадок, замену контейнерного парка города. На первом этапе реализации проекта планируется инвестировать более 570 миллионов рублей (02.06.2008, www.regnum.ru).

Администрация *Обнинска* (Калужская область) совместно с областным министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства приступили рассмотрение инвестиционных предложений по рекультивации полигона твердых бытовых отходов в районе деревни Тимашово (Калужская область). В программе комплексного социально-экономического развития Обнинска предусмотрено 7 млн. рублей на строительство второй очереди полигона, запланированное на 2008 год (13.02.2008, www.regnum.ru).

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФО

Санкт-Петербург выделил 687,7 млн. рублей на завершение строительства предприятия по переработке промышленных токсичных отходов. Строительство завода началось в 1999 году. В связи с недофинансированием объекта в период до 2003 года строительство объекта затянулось. В настоящий момент освоено около 70 % сметной стоимости предприятия, а остаток сметной стоимости строительства составляет 687,7 млн. рублей. В первую очередь предприятие обеспечит переработку органических и неорганических промышленных отходов 1-3 классов опасности, включая отходы строительства, промышленные отходы, накопленные на полигоне «Красный Бор» в 70-х-90-х годах, твердых коммунальных отходов прилегающих районов Петербурга и отходы, приравненные к ним по способу переработки, а также сточных вод, образующихся на полигоне. В результате предприятие сможет обеспечить прием всех видов опасных промышленных отходов, образующихся на территории города и области, реализация проекта позволит осуществить строительство первого в России полномасштабного универсального комплекса по переработке опасных отходов производства и потребления. Корректировку проекта и завершение строительства планируется осуществить в течение 3 лет (05.08.08, www.nedelya.ru).

В связи со значительным увеличением накоплений бытовых отходов в Петербурге, которые на данный момент составляют порядка 7 млн. кубометров в год (а предприятия перерабатывают всего 2 млн.

кубометров), принято решение о строительстве второй очереди мусороперерабатывающего завода в Янино (головное предприятие СПб ГУП «Завод МПБО-2»).Ввод в эксплуатацию второй очереди позволит увеличить объем переработки твердых бытовых отходов (ТБО) по экологически чистой технологии на 500 тыс. кубометров в год. Строительство предприятия займет ориентировочно год-два, затраты составят 120 млн. евро, источник финансирования – частные инвестиции. (14.07.2008, www.dp.ru).

Кроме того, в 2008 году планируется размещение более 600 контейнеров заглубленного типа в большинстве районов Санкт-Петербурга. На указанные цели бюджетом Санкт-Петербурга предусмотрены ассигнования в размере 100 млн. рублей.

В администрации *Петрозаводска* готовится к подписанию Соглашение о взаимодействии между администрацией Петрозаводского городского округа, Северной экологической финансовой корпорацией (НЭФКО) и ПМУП «Автоспецтранс», которое направлено на взаимодействие при реализации проектов по утилизации твердых бытовых отходов и улучшению экологической ситуации в столице Карелии. Общая стоимость проекта составляет более 180 млн. рублей, более половины от этой суммы составят льготные кредиты и гранты иностранных партнеров. В рамках соглашения предполагается реализация нескольких проектов: «Внедрение линии по переработке крупногабаритных отходов», «Внедрение новой системы сбора бытового мусора на территории города», «Создание системы сбора и утилизации парниковых газов с территории свалки», а также реконструкция дороги по направлению к городскому полигону бытовых отходов. (09.09.2008 www.severinfo.ru).

Согласно программе «Улучшение экологического состояния *Сыктывкара* на 2008-2010 годы» внедрение новой системы сбора мусора обойдется городу в 105 млн. руб. В течение трех лет планируется приобрести 72 контейнера нового поколения скандинавской фирмы MOLOK (стоимость одной такой емкости составляет более 80 тысяч рублей) и 1250 пластиковых контейнеров на колесах. Также мэрия намерена закупить 6 автомобилей для вывозки отходов, передвижную линию для сортировки мусора, бульдозеры, погрузчики. Уже в этом году в рамках программы планируется потратить 30 миллионов рублей (16.07.2008, komionline.ru).

В переработку мусора в *Калининградской области* инвестируют 250 млн. евро. Один из региональных полигонов для мусора в ближайшие годы будет закрыт, вместо него планируется строительство двух новых (16.04.2008, www.knia.ru) и закупка шведских компакторов.

Кроме того, все предприятия и всех домовладельцев *Калининграда* обяжут до конца года заключить договоры на вывоз ТБО (05.06.2008, www.kp.ru).

На муниципальном предприятии «Спецавтохозяйство» *Архангельска* внедрена система GPS-мониторинга, которая позволяет фиксировать точки загрузки контейнеров по маршруту, количество времени, затраченное на каждую площадку. Помимо этого система позволяет получать информацию о движении каждой машины, ее пробеге в метрах, стоянках в минутах и о весовом контроле на полигоне (23.05.2008, www.gpsearch.org)

В 2008 году на территории Пинежского района стартует проект "Снижение ртутного загрязнения в *Архангельской области*". Благодаря сотрудничеству с норвежскими партнерами предполагается наладить сбор отходов и их вывоз в Приморский район для утилизации. Проект не является дорогостоящим, кроме того в области существует много предприятий, заинтересованных в решении проблемы утилизации ртутьсодержащих отходов (17.03.2008, www.regnum.ru).

В *Пскове* принято соглашение, позволяющее начать работу над строительством нового полигона ТБО: на внеочередной 21-й сессии Псковской городской Думы принято решение об участии муниципального образования "Город Псков" в ООО "Межрайонное предприятие мусороперерабатки" (МПМ). По решению депутатов Псковской гордумы, теперь в состав учредителей входит МО "Город Псков" в лице администрации Пскова, представлять в органах власти которую будет комитет по управлению муниципальным имуществом Пскова. Проектирование нового полигона стоит около 4,5 млн. рублей, ориентировочная стоимость строительства - 150-200 млн. руб. (06.05.2008, informpskov.ru).

В муниципальном бюджете *Череповца* на 2008 год уже заложены средства на проектирование нового полигона ТБО. Как один из вариантов решения проблемы размещения ТБО в городе рассматривается также увеличение объема сжигаемого мусора. В Череповце работает мусоросжигательный завод с двумя мусоросжигательными установками, однако процент сжигания мусора пока не превышает 5-7 % (15.01.2008, www.regnum.ru).

ПРИВОЛЖСКИЙ ФО

В *Удмуртии* утверждена концепция республиканской целевой программы "Государственная поддержка создания и развития системы переработки и захоронения отходов в Удмуртской Республике на 2009 – 2013 годы". Программа предусматривает строительство новых полигонов и мусоросортировочных станций, направлена на реализацию

перспективных проектов и организацию работ по экологически безопасному удалению, обезвреживанию, утилизации и переработке отходов. Основную часть от общего объема финансирования целевой программы (78,1 %) составят средства из республиканской казны в размере 585 млн. 500 тысяч рублей (20.08.2008, www.udmnews.ru). А в 2009 году в Удмуртии предполагается начать работу над проектом завода по утилизации биологических отходов.

В *Пензе* до конца сентября планируется начать строительство завода по сортировке и частичной переработке (измельчению) ТБО мощностью 100 000 т в год. Срок строительства — около года, инвестиции — более 150 млн. руб. Завод такой мощности только на треть удовлетворит потребности Пензенской области по переработке ТБО. На новом заводе установят линии по сортировке и частичной переработке полиэтилена, стекла, картона и пластика. По мнению инвестора, затраты на строительство окупятся менее чем через год после начала работы завода (11.09.2008, www.penza-press.ru).

Правительство *Нижегородской области* планирует в 2008 году выделить 500 тыс. рублей на инвентаризацию полигонов (санкционированных мест размещения отходов) твердых бытовых отходов (ТБО) в регионе. Правительство Нижегородской области планирует строительство 7 межрайонных полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) и 25 перегрузочных станций. Кроме того, планируется строительство накопительных бункеров в частном жилом фонде, причем как в городах, так и в сельской местности. Предполагается, что планы по строительству полигонов и перегрузочных станций будут реализованы в течение 3 – 4 лет (05.09.2008, НТА-Приволжье).

Новый полигон ТБО строится в пригороде *Кунгура (Пермский край*). Как только новый полигон начнет принимать бытовые отходы, завершится рекультивация старой кунгурской свалки (07.08.2008, www.business-class.su).

В *Саратовской области* разработан кадастр объектов размещения отходов, собрана достоверная информация об объектах размещения отходов, в том числе сведений об их расположении, фактических количествах на объектах хранения (захоронения), условиях хранения (захоронения) и других качественных характеристиках. Кадастр поможет грамотному обращению с отходами при строительстве, обустройстве полигонов, ликвидации несанкционированных свалок и т.д. (05.02.2008, www.vzsar.ru).

В *Ульяновске* рассмотрели генеральную схему очистки города. Проект разработан в соответствии с генеральным планом, рассчитан на пять лет и включает разработку системы сбора, вывоза бытовых

отходов и уборки территорий. На заседании комитета по охране окружающей среды и природопользованию прошла презентация современных контейнеров для раздельного сбора твердых бытовых отходов. Этот пилотный проект обойдется городскому бюджету в полтора миллиона рублей (18.01.2008, www.evroproekt.ru).

ЮЖНЫЙ ФО

В *Волгоградской области* появится 19 новых полигонов для захоронения твердых бытовых отходов. Строительство сооружений будет вестись за счет местных и областных бюджетов. Сооружение полигонов ТБО будет осуществляться в рамках подпрограммы «Отходы» являющейся составной частью областной программы «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование на территории Волгоградской области на 2008-2012 гг.». Сроки реализации работ намечены на 2008-2009 год. Кроме того, глава администрации Волгоградской области Николай Максюта подписал постановление о создании межведомственной комиссии по вопросам обращения с отходами на территории Волгоградской области, в регионе планируется "запустить" программу по приобретению специализированной техники по сбору отходов на условиях лизинга (14.01.2008, www.kavkaz-uzel.ru, 22.05.2008, www.kvadroom.ru).

В *Ставрополе* разработана Генеральная схема уборки краевого центра. Этот проект направлен на решение проблем с вывозом и утилизацией производственных и бытовых отходов, а также регулярную очистку всей территории города. 403 новых металлических контейнера, 19 бункеров-накопителей для сбора твердых бытовых отходов, а также 1092 пластиковых контейнера для жителей частного сектора приобретены в рамках муниципальной целевой программы «Чистый город Ставрополь на 2007 - 2009 годы» (09.07.2008, www.kp.ru). Ставропольские экологи в ходе проходящего на Эльбрусе субботника собрали более 2,5 тонн бытового мусора. Уборка проводилась в районе станции Гарабаши до высоты 3,8 тысячи метров. Во вторую часть субботника спортсмены-экологи будут проводить уборку вершины горы до высоты 5 тысяч метров (30.07.2008, for-ua.com).

В *Кабардино-Балкарии* запланировано строительство мусоросортировочного завода мощностью 100 тыс т в год, что позволит на 75% решить проблему сортировки и переработки мусора в республике. К январю 2009 года должны быть завершены строительные, а в течение следующих двух месяцев - и пуско-наладочные работы. На строительство предприятия в республиканском бюджете на 2008 год заложено 150 млн. руб. (30.06.2008, www.rian.ru).

В *Ставропольском крае* под г. Лермонтов построят мусороперерабатывающий комплекс стоимостью 1 млрд. руб. и мощностью 300 тыс. т в год. Из органической части фракций будут производить компост для садово-паркового хозяйства, а товарное сырье из неорганики (бумагу, картон, стекло, железо, пенопласт, ПЭТ-тару, целлофан) планируется реализовывать в спрессованном виде для дальнейшей переработки. На втором этапе на заводе планируется запустить переработку автомобильных шины. Начало строительства намечено начало 2009 г, завершить его планируется в течение 15 месяцев (16.09.2008, www.yugregion.ru).

УРАЛЬСКИЙ ФО

В *Нижневартовске* к решению проблемы несанкционированных свалок привлекли правоохранительные органы, которым будут помогать приборы видеонаблюдения. Только за август видеокамера зафиксировала 12 грузовых машин, вывозивших мусор в сторону Радужного, Излучинска и пригородных дач. Номера этих машин определены, сфотографированы и переданы в ГИБДД, где составляется протокол и применяются штрафные санкции к нарушителям. В ближайшее время подобные видеосистемы установят по всему периметру Нижневартовска (11.09.2008, ИА "Альянс Медиа").

Свердловская область к 2016 г. планирует увеличить долю использования бытовых отходов в 10 раз - до 30 % общего объема. Выполнение такой задачи предусматривает второй этап реализации областной программы "За чистый Урал". В соответствии с концепцией программы на первом этапе в 2008-2011 годах в области планируется ликвидировать все несанкционированные свалки, разработать областную комплексную схему размещения межмуниципальных комплексов сортировки и переработки отходов, являющихся вторичными материальными ресурсами, и полигонов для безопасного размещения прочих отходов. Будут разработаны генеральные схемы санитарной очистки всех городов и поселков Свердловской области, удвоено количество стационарных и передвижных пунктов приема вторичных материальных ресурсов (10.09.2008, www.interfax-russia.ru). В Свердловской области объявлены конкурсы среди муниципалитетов по организации раздельного сбора отходов, являющихся вторичными материальными ресурсами. Однако пока раздельный сбор отходов организован лишь в Ревде и Кировском районе уральской столицы.

В *Оренбурге* принято решение о строительстве крупного комплекса по переработке мусора, уже начаты переговоры с потенциальными инвесторами и разработка проекта. Предполагается, что вместе с центром по переработке мусора, город получит комплекс

по термическому уничтожению биологических отходов (02.06.2008, www.kvadroom.ru). Подобная ситуация в *Челябинске* – на стадии обсуждения и поиска инвестиций находятся предложения японцев по строительству мусороперерабатывающих заводов и полигонов ТБО (07.08.2008, chelyabinsk.rfn.ru).

В *Сургуте* появится новый полигон бытовых отходов. Располагаться он будет рядом с уже существующим. Старая городская свалка практически исчерпала свои возможности, и вскоре ее законсервируют. В связи с этим возникла необходимость постройки пяти новых площадок. Стоимость строительства составила почти 200 миллионов рублей, 70% которых оплатит муниципалитет, а остальные — округ. Ведутся работы над проектированием третьего полигона (19.05.2008, www.newsprom.ru)

СИБИРСКИЙ ФО

Правительство *Забайкальского края* разработало концепцию обращения с промышленными и бытовыми отходами в целях борьбы с загрязнением окружающей среды, в которой предусмотрено создание межведомственной комиссии по решению этой проблемы, подготовка и принятие регионального закона и краевой целевой программы об отходах производства и потребления.

Каждому муниципальному образованию рекомендовано разработать схемы сбора, транспортировки и обезвреживания мусора, создать конкурентную среду в этой сфере, оптимизировать финансовые и транспортные потоки (04.09.2008, www.extra-media.ru). Уже в 2009 году в *Чите* начнётся строительство мусоросортировочного комплекса. При выходе завода на полную мощность предполагается переработка отходов в количестве 356-365 т в сутки, или 130-150 тыс. т в год (11.04.2008,www.chita.ru).

К 2009 году в районе поселка Имел-Кутул Ольхонского района *Иркутской области* будет построен полигон (ТБО) стоимостью в 14 млн. рублей. Его запуск позволит значительно снизить негативное влияние на озеро Байкал в условиях постоянно возрастающей рекреационной нагрузки. Одним из решений минимизировать негативные последствия является оборудование специальных площадок для сбора ТБО, его сортировка с целью дальнейшей переработки, а также деятельность специальных программ по экологическому просвещению, работа с туристами. (08.07.2008, www.regnum.ru). А под Иркутском начал работать завод по переработке старых автопокрышек начал работать под *Иркутском*. В его создание было инвестировано 850 тыс дол. Предприятие сможет перерабатывать до 5 тысяч резинотехнических изделий (РТИ) в год (07.07.2008, www.rian.ru).

В сентябре года состоялось подписание инвестиционного соглашения между администрацией города *Томска* и Группой компаний «Эко-Система» о строительстве современного мусоросортировочного комплекса мощностью 200 тыс т в год. Ориентировочный объем инвестиций составляет 350 млн. рублей. Финансирование осуществляет инвестор за счет собственных и привлеченных средств. Срок реализации и окупаемости инвестиционного проекта - 7 лет. Первый в Томской области завод по переработке твердых бытовых отходов планируется запустить в начале 2010 года. В процессе сортировки из общей массы ТБО будут извлекаться до 25-ти фракций, которые в дальнейшем будут отправлены на повторную переработку (25.09.2008, news.unipack.ru). Кроме того, в **Томске** началось строительство нового городского полигона ТБО. Первый этап строительства должен быть завершен к ноябрю. С 1 января 2009 года новый полигон уже в полном объеме будет принимать весь городской мусор, а прежний, расположенный в районе села Ново-Михайловка начнут готовить к рекультивации. Общая смета строительства нового полигона составляет 450 млн. рублей, в этом году на первый этап строительства выделено 49 млн руб. Полигон будет находиться в собственности муниципалитета (29.08.2008, obzor.westsib.ru).

В правительстве *Красноярского края* подписан трехсторонний протокол о намерениях по переработке древесных отходов. В рамках сотрудничества ДОК «Енисей», ведя заготовку древесины в Северо-Енисейском районе, организует сбор и пакетирование древесных отходов, образующихся в результате лесозаготовок. Администрация района обеспечивает вывоз пакетированных отходов и использует их в качестве топлива на муниципальных котельных, а министерство природных ресурсов оказывает содействие для привлечения администрацией района инвестиционных средств, необходимых для приобретения технологического оборудования по измельчению древесных отходов и котельного оборудования, необходимого для их сжигания.

Проблема утилизации древесных отходов стоит достаточно остро: по экспертным оценкам, более 3,5 миллионов кубометров древесины в Красноярском крае никак не используется и бросается на лесосеках, что осложняет экологическую обстановку, а также повышает пожароопасность в лесах (28.08.2008, www.newslab.ru). Кроме того, в *Красноярске* появилась моментальная служба спасения от мусора «Зеленый патруль», созданная ГУК «Жилфонд». Экипаж патруля будет заниматься выявлением и ликвидацией несанкционированных свалок

(28.04.2008, news.ngs24.ru).

В *Тюменской области* будет создан региональный кадастр отходов. Региональный кадастр представляет собой систематизированный свод регулярно обновляемых данных об образовании, размещении, использовании, обезвреживании, приеме и передаче отходов. Кадастр будет включать в себя региональный классификационный каталог, региональный реестр объектов размещения отходов, а также банк данных об отходах и о технологиях использования и обезвреживания отходов различных видов (Источник новости: 28.07.2008, www.rian.ru).

Также в Тюменской области до конца этого года появится новый комплекс по обезвреживанию опасных медицинских отходов. В 2007 году в лечебных учреждениях Тюмени, Тобольска, Ишима, Увата смонтированы 7 комплексов по обезвреживанию опасных медицинских отходов. Их внедрение позволяет ежегодно обезвреживать около 300 тонн медицинских отходов. А для утилизации опасных биологических отходов агропромышленного комплекса реконструирован Ишимский ветсанутильзавод и проводится финансирование работ по сбору, транспортировке и переработке биологических отходов (07.04.2008, www.uralpolit.ru). На 51 мусоровозе Тюмени в ближайшем времени будет установлена мониторинга и управления транспортом с использованием GPS навигации и передачи данных по GPRS. Это позволит в режиме реального времени отслеживать местоположение мусоровозов и соблюдение заданных зон работы, графиков вывоза ТБО, имеет возможность контролировать заправки и сливы топлива, планировать маршрутные задания и формировать отчеты различного вида (16.07.2008, gps-club.ru).

В нескольких территориях *Кемеровской области* появятся полигоны твердых бытовых отходов. В Тяжинском и Яйском районах уже закончена разработка проектно-сметной документации для их строительства, проекты прошли госэкспертизу. На финальной стадии находятся проекты полигонов Ленинск-Кузнецком и Таштагольском районах (24.01.2008, www.kuzbassfm.ru).

В *Новокузнецке* (Кемеровская область) идет активное строительство первого в регионе мусороперерабатывающего завода с высокой степенью утилизации. Стоимость реализуемого проекта составляет около 350 миллионов рублей, из них более половины будет направлено на приобретение оборудования. Завод проектной мощностью более 200 тысяч тонн мусора в год сможет перерабатывать все твердые бытовые отходы Новокузнецка. При этом 30% городского мусора предполагается сортировать и отправлять на вторсырье

потребителю, а 70 % отходов — на прессование, брикетирование с использованием стрейч-пленки и последующее захоронение.

Сроки ввода в строй первой очереди намечены на октябрь-ноябрь 2008 года (22.07.2008, www.kuzzbas.ru).

Глава города *Барнаул* Владимир Колганов подписал соглашение о создании современной системы сбора, вывоза и утилизации бытовых отходов. Генеральный директор «Национального экологического промышленного альянса» Генадий Пархоменко подтвердил намерения по обновлению парка коммунальной техники, установке в городе евроконтейнеров, введению в эксплуатацию до 2010 г. завода по переработке отходов потребления, внедрению системы сортировки отходов и захоронению их в брикетах высокой плотности. Инвестор также взял на себя обязательства по внедрению в Барнауле современной системы обслуживания районов индивидуальной застройки. Со своей стороны администрация города взяла на себя обязательства по принятию положения, регулирующего деятельность участников сферы обращения отходов потребления, основанной на принципе равенства и развития конкуренции (31.07.2008, ww.amic.ru).

В *Новосибирске* предполагается разработать программу по сбору и утилизации крупногабаритного мусора с учетом предложений управляющих организаций, осуществляющих эксплуатацию жилищного фонда. Департамент энергетики, жилищного и коммунального хозяйства города поставил задачу перед всеми управляющими организациями организовать сбор и вывоз крупногабаритного мусора таким образом, чтобы контейнерные площадки всегда находились в надлежащем санитарном состоянии. Один из рассматриваемых вариантов решения проблемы – установка контейнерной площадки со специальным отсеком для крупногабаритного мусора, стоимость которой составляет от 70 тыс до 300 тыс руб. Решение об установке такой контейнерной площадки принимают на общем собрании собственников жилья» (11.07.2008, www.novo-sibirsk.ru).

В *Хакасии* будет создана республиканская программа по защите экологии. Члены президиума Верховного Совета Хакасии одобрили проект закона «Об отходах производства и потребления». После вступления закона в силу исполнительная власть подготовит целевую программу по ликвидации отходов (18.01.2008, www.19rus.info). В ближайшем будущем в Саяногорске рекультивируют городскую свалку: с полигона отходов предполагается вывезти 14 тысяч тонн груза, затем сама площадка будет распланирована с помощью бульдозеров - на территории в 14,5 тысячи квадратных метров.

Рекультивационные работы займут полтора месяца, на их проведение из бюджета города выделено полмиллиона рублей (17.09.2008, www.press-line.ru).

В *Эвенкии* построят три полигона для мусорных отходов, на создание их проектов из краевого и районных бюджетов выделяется более трех миллионов рублей. Проекты должны быть готовы до 31 октября 2008 года (17.09.2008, www.press-line.ru).

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АО

Во *Владивостоке* разрабатываются проекты строительства комплекса по переработке и утилизации бытовых отходов и рекультивация существующего полигона ТБО. Проект рекультивации планируется отправить на государственную экспертизу уже в октябре, а проектирование комплекса планируется завершить в декабре. Губернатор Сергей Дарькин распорядился привлечь к проектированию комплекса по переработке и утилизации бытовых отходов во Владивостоке экологические организации Приморья и провести по этому вопросу общественные слушания (17.09.2008, news.vl.ru). А не так давно – в июле этого года во Владивостоке открылся Комплекс по уничтожению биологических отходов. Оборудование обеспечивает полную экологическую безопасность процесса: комплекс оснащен системой локальной очистки сточных вод, мощная система газоочистки не допускает выброса в атмосферу никаких вредных химических соединений, в том числе диоксинов. После уничтожения отходов остаётся не более 3% безопасного зольного остатка. Созданный комплекс может уничтожать до 30 тонн биоотходов в сутки, что полностью покроет потребности Приморья и Владивостока (28.07.2008, www.vostokmedia.com).

В 2009 г. в *Южно-Сахалинске* начнется строительство нового полигона твердых бытовых отходов и мусоросортировочной станции. Работы будут профинансированы из федерального, областного и местного бюджетов. Их общая стоимость - свыше одного миллиарда рублей.

Параллельно со строительством мусоросортировочного предприятия и нового полигона твердых бытовых отходов должна начаться рекультивация существующего. На южно-сахалинской свалке предстоит провести экологические исследования, решить вопросы по консервации фильтрата, возможному использованию биогаза, выравниванию и другие (08.08.2008, www.regnum.ru).

В декабре 2008 года в селе Эссо Быстринского района *Камчатки* планируется запустить мини-завод по переработке твердых бытовых отходов. Данное строительство было включено в федеральную целевую

программу "Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья". Согласно проектно-сметной документации годовая мощность комплекса составляет 1 188 тонн твердых бытовых отходов. Стоимость строительства оценивается в 45 млн. 192 тыс. рублей. Финансирование проекта ведется как из федерального, так и из краевого и муниципального бюджетов (24.06.2008, www.regions.ru).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 546.3: [658.567:621.311.2]

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ ОТХОДЫ – ВОДА – ПОЧВА ДЛЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТВАЛОВ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ИВАНЫКИНА О.В., ЖУРАВЛЕВА Н.В.

ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр»
г. Новокузнецк

Энергетика является ведущей отраслью современной индустрии, но вместе с тем она – источник существенного загрязнения биосферы. Одним из результатов функционирования систем топливно-энергетических комплексов является образование золошлакоотвалов. В Кемеровской области за 2006 год [1] образовалось 3339,49 тыс. тонн золошлаковых отходов, основная масса которых была складирована. Из 9 ТЭС Кузбасса только 3 имеют установки по сухому отбору золы (Томь-Усинская ГРЭС – мощностью 20 тыс. тонн в год, Западно-Сибирская ТЭЦ – 100 тыс. тонн в год и Кемеровская ГРЭС – 30 тыс. тонн в год). Более 2-х млн. тонн транспортируется водой вместе со шлаком в виде золошлаковых смесей в отвалы [2].

Химический состав золошлаковых отходов на 80 – 90 % представлен SiO_2, $A1_2O_3$, FeO, Fe_2O_3, CaO, MgO. Кроме того, в состав отходов входят остатки несгоревших частиц топлива (0,5 − 20 %) и в виде микропримесей - соединения титана, ванадия, германия, галлия, серы, урана и других элементов. Для объективной оценки степени влияния золошлаковых отходов на окружающую среду необходима разработка программ экоаналитического мониторинга, в которые должен быть внесен перечень токсичных элементов.

Цель данной работы - изучение форм нахождения токсичных элементов золошлаковых отходов в системе отходы – вода – почва и оценка потенциальной опасности золоотвалов.

Объекты исследования:

– золошлаковые отходы (смесь золоуноса и шлака), шлаки котельных Кемеровской области;

– подземные, поверхностные воды на территории золоотвалов;

– почва территорий, прилегающих к золоотвалам.

Систематизация данных приведена по следующему количеству проб: 135 золошлаковым отходам и шлакам котельных; 35 грунтовым водам и 17 поверхностным водам; 20 почвам. Концентрации элементов

в пробах определялись следующими методами анализа: атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой; атомно-абсорбционным с электротермической атомизацией; атомно-абсорбционным «холодного пара» (Hg); полярографическим (Pb) по аттестованным методикам. Все аналитические исследования были выполнены в ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр», который аккредитован в системе Госстандарта РФ (№ РОСС RU. 0001 21АЯ07) по широкому перечню показателей.

Результаты исследований

Изучение химического состава золошлаковых отходов и шлаков котельных. Распределение токсичных элементов в валовой, подвижной и водорастворимой формах представлено в таблице 1.

Таблица 1 _ Содержание тяжелых металлов в золошлаковых отходах и шлаках котельных Кемеровской области

Наименование показателя	Виды отходов		$ПДК_п$ для почвы с учетом фона, мг/кг
	Золошлаковые отходы	Шлаки котельных	
Валовые содержания, мг/кг			
Ванадий	< 22,4-156,8	56,0-145,6	150,0
Медь	14,0-24,0	16,7-52,6	55,0*
Хром	38,4-247,9	20,0-958,9	90,0
Свинец	8,8-110,6	6,0-236,0	32,0
Цинк	16,0-60,2	14,0-50,0	100,0*
Кадмий	0,4	0,4	-
Никель	16,2-65,4	15,0-84,2	85,0
Ртуть	< 0,01-5,0	< 0,01-9,88	2,1
Олово	< 1,0-60,0	< 1,0-42,0	4,5
Сурьма	< 1,0	< 1,0-15,0	4,5
Кобальт	7,1-24,7	7,35-15,08	-
Марганец	239,6-600,0	184,6-600,0	1500,0
Молибден	4,0-8,0	4,00-40,0	-
Подвижные формы, мг/кг			
Медь	3,5-20,4	3,0-30,0	3,0
Никель	3,0-55,0	2,5-65,0	4,0
Цинк	3,6-60,0	3,6-50,0	23,0
Свинец	2,0-104,0	2,0-101,6	6,0
Марганец	20,0-586,0	26,0-510,8	-
Хром	< 2,0-4,7	< 2,0-2,8	6,0
Молибден	0,2-6,0	0,2-5,0	-
Кобальт	0,04-0,3	0,1-0,2	5,0

Водорастворимые формы**, мг/кг			$ПДК_в$, мг/дм^3
Ванадий	<0,0005-0,17	<0,0005-1,77	0,001
Кадмий	< 0,0005	< 0,0005-0,0016	0,01
Кобальт	< 0,0002-0,0009	< 0,0002-0,03	0,01
Сурьма	< 0,0005-0,006	< 0,0005-0,05	0,05
Медь	< 0,001-0,016	< 0,001-0,03	0,001
Молибден	< 0,001-0,60	< 0,001-1,05	0,0012
Никель	< 0,0002-0,27	< 0,0002-0,50	0,01
Мышьяк	< 0,005-0,50	< 0,005-0,60	0,05
Свинец	< 0,0002-0,03	< 0,0002-0,025	0,1
Ртуть	< 0,0001	< 0,0001-0,0002	0,00001
Марганец	< 0,005-0,13	< 0,005-0,44	0,01
Хром	< 0,0005-0,6	< 0,0005-0,18	0,001
Цинк	0,0075-0,136	< 0,005-0,0078	0,01

* Валовое содержание – ориентировочное.

** Водная вытяжка выполнена из соотношения твердое вещество:жидкость (1:1), численно содержание водорастворимых форм элементов в мг/кг равно величине в мг/дм^3.

Обычно аналитический контроль объектов окружающей среды базируется на сопоставлении результатов химического анализа с нормируемыми величинами концентраций контролируемых веществ. Из результатов исследований следует, что превышение $ПДК_п$ [3] в валовой форме золошлаковых отходов обнаружено по хрому, свинцу и ртути. В 70 исследованных образцах шлаков котельных выявлено высокое содержание хрома, свинца, ртути, олова и сурьмы (таблица 2).

Таблица 2 – Кратность превышения $ПДК_п$ тяжелых металлов в валовой форме в золошлаковых отходах и шлаках котельных

Элемент	Золошлаковые отходы		Шлаки котельных	
	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества
Хром	2,7	20,0	9,0 -10,7	25,0
Свинец	2,0	90,0	3,2 - 4,3	50,0
	3,4	2,0	7,4	2,0
Ртуть	2,4	4,0	1,0 – 5,0	4,0
Олово	13,3	4,0	9,0	4,0
Сурьма	Не превышает $ПДК_п$		1,5 - 3,3	8,3

Максимальные концентрации подвижных форм тяжелых

металлов в золошлаках и шлаках котельных наблюдается по меди, никелю, цинку и свинцу (таблица 3).

Таблица 3 – Кратность превышения $ПДК_п$ тяжелых металлов в подвижной форме в золошлаковых отходах и шлаках котельных

Элемент	Золошлаковые отходы		Шлаки котельных	
	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества
Медь	2,0 – 4,0	60,0	1,6 – 3,2	57,0
	6,8	40,0	6,6 – 10,1	43,0
Никель	2,0	31,0	1,3 - 1,5	28,5
	13,6	35,0	7,8 – 16,3	28,5
Цинк	2,6	30,0	1,7 - 2,2	28,6
Свинец	17,3	40,0	1,2 - 16,9	43,0

Токсичность промышленных отходов необходимо оценивать не только по величине воздействия на почву, но и по возможности токсичных элементов переходить в воду. Из полученных результатов следует, что в водной вытяжке золошлаковых отходов и шлаков котельных обнаружены высокие концентрации следующих элементов (таблица 4).

Таблица 4 – Кратность превышения $ПДК_в$ тяжелых металлов в водной вытяжке золошлаковых отходов и шлаков котельных

Элемент	Золошлаковые отходы		Шлаки котельных	
	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества
Ванадий	20,0 – 81,0	30,0	8,0 – 20,0	50,0
	110,0 – 170,0	53,0	700,0 – 920,0	15,0
	–	–	1770,0	2,0
Медь	4,0 – 9,0	58,0	2,0 – 10,0	60,0
	10,0 – 16,0	35,0	20,0 – 30,0	12,0
Молибден	10,0 – 67,5	77,0	1,0 – 58,0	62,0
	100,0 – 500,0	15,0	83,0 – 333,0	4,0
	–	–	641,0 – 875,0	2,0
Никель	1,0 – 5,0	65,0	1,0 – 6,0	14,0
	27,0	4,0	50,0	2,0
Мышьяк	10,0	4,0	3,0 – 12,0	10,0
Цинк	1,0 – 8,0	69,0	Не превышает $ПДК_п$	

	10,0 – 13,6	5,0		
Марганец	4,0 – 6,0	73,0	5,0 – 42,0	34,0
	11,5 – 13,0	12,0	–	–
Хром	5,0 – 8,0	27,0	180,0	10,0
	10,0 – 30,0	50,0	–	–
	200,0	11,5	–	–
Кобальт	Не превышает $ПДК_п$		3,0	2,0

Изучение водных объектов. Следующим этапом исследования стал анализ влияния золоотвалов на грунтовые и поверхностные воды.

Таблица 5 – Диапазоны концентраций тяжелых металлов в грунтовых водах на территории золоотвалов и в природных водоисточниках вблизи золоотвалов

Наименование показателя	Пьезометрические скважины		Поверхностная вода	
	Диапазоны содержания, мг/дм^3	Соотношение с $ПДК_в$, мг/дм^3	Диапазоны содержания, мг/дм^3	Кратность превышения $ПДК_в$,мг/дм^3
Ванадий	< 0,0005-0,08	0,5-80,0	< 0,0005-0,15	0,5-150,0
Кадмий	< 0,0005-0,001	—	< 0,0005-0,0006	—
Кобальт	< 0,0002-0,002	—	< 0,0002	—
Сурьма	< 0,0002	—	< 0,0002-0,002	—
Медь	< 0,001	—	< 0,001	—
Молибден	0,001-0,16	0,8-133,0	0,002-0,160	2-133,0
Никель	< 0,0002-0,03	0,02-2,8	< 0,0002-0,002	0,02-1,8
Мышьяк	< 0,005-0,021	0,1-0,42	0,007-0,029	—
Свинец	< 0,0002-0,03	0,002-0,3	< 0,0002	—
Ртуть	< 0,0001	—	< 0,0001	—
Марганец	0,10-3,80	10,0-380,0	Нет данных	—
Хром	0,004-0,008	4,0-8,0	0,004-0,012	4,0-12,0
Цинк	0,005-0,11	0,5-11,0	< 0,002-0,028	0,5-2,8

Из сравнительного анализа таблиц 1 и 5 следует, что высокие концентрации ванадия, молибдена, мышьяка, никеля, цинка, марганца и хрома отмечены как в водорастворимых формах золошлаковых отходов, так и в грунтовых и поверхностных водах естественных водоисточников вблизи золоотвалов. Для этих элементов не существует геохимических барьеров при инфильтрации природных вод через ложе золоотвала.

Кадмий, кобальт, сурьма, свинец и ртуть не были обнаружены ни в водной вытяжке отходов, ни в грунтовых и поверхностных водах.

Исследование почв. Была проведена систематизация данных

изучения почв, прилегающих к территории золоотвалов. Результаты испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание токсичных элементов в почвах территорий, прилегающих к золоотвалам

Элемент	Метод испытания и номер НД	Результаты испытания, мг/кг	$ПДК_п$, мг/кг
Валовые содержания			
Кадмий	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02	0,40	
Медь	«-»	16,40 – 42,05	55,0*
Никель	«-»	28,00 – 43,00	85,0
Свинец	«-»	20,80 – 42,00	32,0
Цинк	«-»	52,00 – 151,60	100,0*
Мышьяк	ГОСТ 10478-93	6,00 – 21,00	2,0
Ртуть	СанПиН 4433-87	< 0,01 – 1,40	2,1
Подвижные формы			
Медь	ГОСТ Р 50684-94	3,00 – 19,00	3,0
Цинк	Методические указания ЦИНАО	14,00 – 62,00	23,0
Никель		8,70 – 30,00	4,0
Свинец		15,00 – 23,00	6,0

Полученные результаты показывают превышение $ПДК_п$ валовых форм в 66,6 % исследованных образцов почв для цинка (1 – 1,5 ПДК), 55,5 % свинца (1 – 1,3 ПДК) и во всех пробах мышьяка (3 – 10,5 ПДК).

Обнаружены высокие концентрации подвижных форм цинка, свинца, меди и никеля (таблица 7). Последнее говорит о переходе в почвенные растворы данных металлов, несмотря на низкие концентрации никеля и меди в валовой форме. Аналогичная ситуация прослеживается при анализе золошлаковых отходов. Эти данные свидетельствуют о загрязнении территорий вблизи золоотвалов именно этими металлами.

Таблица 7 – Кратность превышения $ПДК_п$ тяжелых металлов в почвах, прилегающих к золоотвалам

Элемент	Кратность превышения $ПДК_п$	% проб от общего количества почв
Медь	1,5	67,0
	6,0	33,0
Никель	1,6 – 2,2	33,0
	2,5 – 7,5	67,0
Цинк	2,0 - 2,7	44,4
Свинец	1,7 – 3,8	100,0

Выводы:

1) Золошлаковые отходы при контакте с водой могут быть источником токсичных элементов (ванадия, молибдена, мышьяка, никеля, цинка, марганца и хрома), содержание которых в наблюдательных скважинах существенно превышает предельно допустимые концентрации в воде.

2) Установлена миграция подвижных форм тяжелых металлов (медь, никель, цинк, свинец) от золошлакоотвалов в почву, несмотря на низкие концентрации в валовой форме Cr, Ni и Zn .

3) Анализ распределения токсичных металлов в системе: отходы – грунтовые (поверхностные) воды – почва позволяет говорить о том, что зола и шлак являются источником поступления тяжелых металлов в окружающую среду, хотя степень их распределения в системе различна.

4) Полученные данные нужно использовать при планировании природоохранных мероприятий на местах складирования золошлаковых отходов.

Библиографический список

1. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2006 г.» / Администрация Кемеровской области. – Кемерово: ИНТ, 2007. – 320 с.
2. Павленко С.И. Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве / С.И. Павленко. – М.: изд-во АСВ, 2000. – 203 с.
3. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. СанПиН 42-128-4433-87. – М: Министерство здравоохранения СССР, 1998 – 19 с.
4. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М: Министерство рыбного хозяйства СССР, 1990 – 44 с.

УДК 543.51:632.95

ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2,4,6-ТРИНИТРОТОЛУОЛА В ОТХОДАХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

ЖУРАВЛЕВА Н.В., БОБКОВА Т.А.

ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр»
г. Новокузнецк

Разрушение пород с помощью энергии взрыва является универсальным и практически единственным высокоэффективным способом подготовки скальных горных пород к выемке. Крупные заряды взрывчатых веществ все шире применяются в решении повседневных задач горнодобывающей промышленности, когда одновременно взрываются заряды до 1000 т на открытых работах и до 100 т – на подземных. Как следствие, горнодобывающая промышленность является одним из основных источников поступления нитросоединений в окружающую среду.

Наиболее важное бризантное взрывчатое вещество для взрывных работ – 2,4,6-тринитротолуол (ТНТ). Данное соединение отличается выраженными токсическими свойствами и устойчивостью к биодеградации [1]. Для этого вещества существенно снижено значение ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого назначения с 0,5 мг/л до 0,01 мг/л [2] с отнесением ко 2 классу опасности (высоко опасные). Определение данного показателя не входит в программы по исследованию отходов, поверхностных и сточных вод Кемеровской области.

Цель данной работы – разработка чувствительного и селективного метода определения ТНТ в объектах окружающей среды, анализ сточных вод и отходов горнодобывающей промышленности на его присутствие.

Метод исследования.

Поскольку сточные воды и отходы горных предприятий являются сложными многокомпонентными пробами, то исследование их качественного состава является актуальной проблемой экологической аналитической химии. Из группы современных инструментальных методов анализа газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ/МС) является одним из основных методов идентификации органических загрязнителей [3]. Определение

проводится на основании двух критериев: времени удерживания на колонке и характера масс-фрагментации с помощью стандартных веществ.

Масс-спектрометрия с ионизацией электронным ударом позволяет дать общую характеристику неизвестному соединению по масс-спектру, содержащему пики как молекулярных, так и осколочных ионов, характеризующих молекулярную массу и основные структурные фрагменты молекул. Большое число масс-спектральных признаков облегчает идентификацию и библиотечный поиск. Масс-спектр неизвестного соединения можно сравнить с имеющимися масс-спектрами эталонов, и если среди них имеется масс-спектр анализируемого соединения, то его можно таким образом идентифицировать.

Такие достоинства масс-спектрометрии, как высокая чувствительность, селективность, возможность анализа проб в разных агрегатных состояниях, быстрота анализа, возможность структурных определений, делают ее незаменимым методом при анализе объектов окружающей среды на различных стадиях исследования: определение структуры неизвестных соединений, качественный и количественный анализ смесей, мониторинг и скрининг.

В данной работе идентификацию и количественное определение органических веществ проводили с использованием следующего оборудования: хроматомасс-спектрометра SATURN 2000 фирмы «Varian» (США), состоящего из хроматографа высокого разрешения STAR 3400 и масс-спектрометра SATURN 2000; колонки капиллярной кварцевой DB-5 ms длиной 30 м, диаметром 0,25 мм, толщиной слоя 0,25 мкм фирмы J&W Scientific, США (фаза: 5 % дифенил- 95 % диметилполисилоксан).

Масс-спектры электронного удара органических соединений получали при энергии ионизирующих электронов 70 эВ и температуре ионизационной камеры 160 °С. Идентификацию индивидуальных соединений осуществляли при помощи библиотечного поиска по библиотеке масс-спектров NIST92 программного обеспечения и по времени удерживания стандартных веществ. Масс-спектр ТНТ приведен на рисунке 1. Основные хроматографические и масс-спектрометрические характеристики ТНТ указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Хроматографические и масс-спектрометрические характеристики ТНТ (получены на хроматографической колонке DB-5 ms)

Вещество	Время	Массовые числа ионов, а.е.м.

	удерживания, мин	Основной ион	Подтверждающие ионы
2,4,6-тринитротолуол	18,20	210	63, 89

Для установления градуировочной характеристики использовали 5 серий градуировочных растворов ТНТ, один из которых имел концентрацию, близкую к нижней границе определения измеряемого содержания. Показано, что калибровочная зависимость линейна в диапазоне концентраций 1,6 – 160 мкг/мл, при этом коэффициент корреляции прямой равен 0,997.

Степень извлечения и коэффициент экстракции ТНТ устанавливали по градуировочным растворам вещества в воде. Градуировочные растворы подвергали экстракции и анализу и рассчитывали содержание извлеченного из воды вещества. Степень извлечения ТНТ составила 65,8 %.

Выполнение анализа.

К исследуемой воде объемом 1 дм^3 добавляли 50 % -ный раствор серной кислоты до pH = 2. Экстракцию пробы воды проводили хлористым метиленом, встряхивая делительную воронку в течение 2 минут. После расслоения органической и водной фаз экстракт отделяли от воды и переносили в круглодонную колбу объемом 100 см^3. Пробу воды последовательно экстрагировали еще два раза порциями по 20 см^3 хлористого метилена как описано выше. Объединенные экстракты (60 см^3) осушали пропусканием через колонку со слоем 10 г безводного сульфата натрия. Экстракт упаривали в токе азота до объема 1 см^3 и этот раствор подвергали хромато-масс-спектрометрическому анализу.

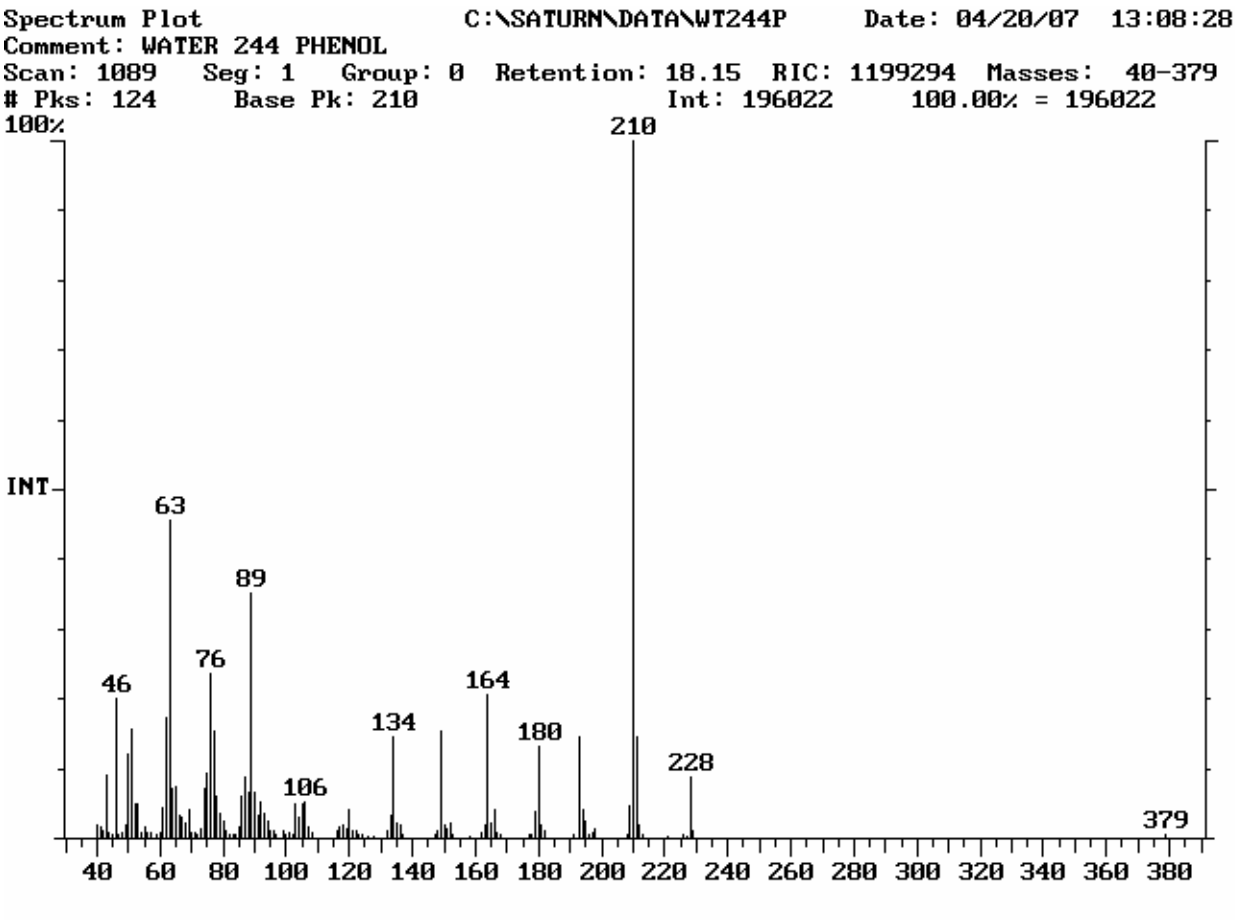


Рисунок 1 – Масс-спектр 2,4,6-тринитротолуола.

Анализ отходов на содержание ТНТ проводили из водных вытяжек образцов (50 г отхода выдерживали 24 ч в 500 мл воды).

Номенклатура исследованных проб.

Проведено исследование 7 проб сточных вод, 3 проб отходов предприятий, осуществляющих добычу железной руды и угля открытым и подземным способом, а также 4 проб поверхностных вод, отобранных в 2005 – 2007 гг. на юге Кузбасса.

Результаты исследования.

Типичная хроматограмма пробы поверхностной воды, загрязненной ТНТ приведена на рисунке 2.

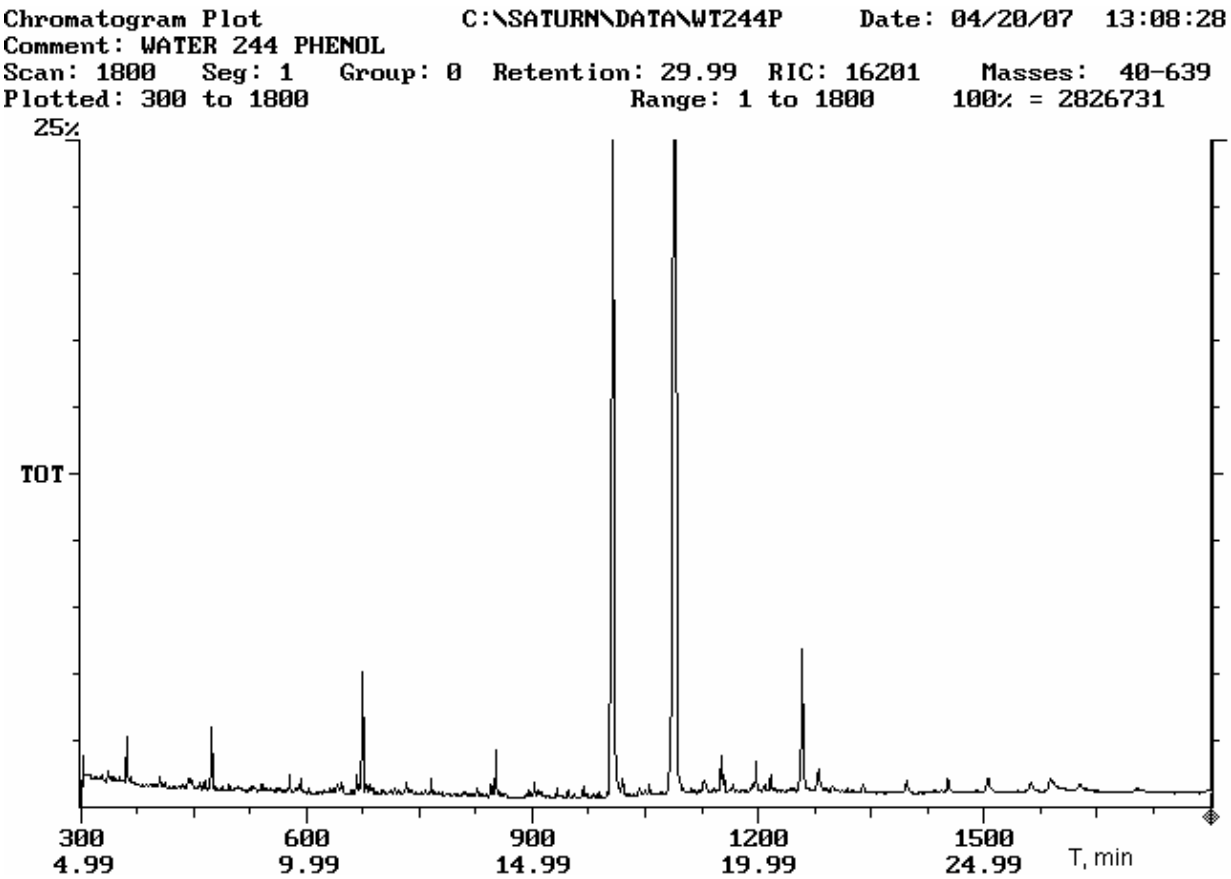


Рисунок 2 – Типичная хроматограмма по полному ионному току пробы поверхностной воды, загрязненной 2,4,6-тринитротолуолом (ТНТ). Пик с временем удерживания 18,16 мин соответствует ТНТ.

Распределение ТНТ в сточных водах горнодобывающих предприятий и поверхностных водах приведено в таблице 1. Из полученных данных следует, что шахтные воды при подземной добыче железных руд содержат высокие концентрации ТНТ, причем применяемый способ очистки сточных вод не способствует уменьшению концентрации ТНТ. Показано, что обнаруживается ТНТ и в поверхностных водах после сброса шахтных вод. Причем, концентрации ТНТ могут многократно превышать ПДК, установленные для воды хозяйственно-питьевого назначения.

Пробы карьерной воды при открытом способе добычи угля также содержат ТНТ, однако в значительно меньших концентрациях.

Обнаруживается данный загрязнитель и в отходах горнодобывающих предприятий (таблица 2).

Таблица 1 – Распределение ТНТ в сточных водах горнодобывающих предприятий и поверхностных водах

Способ добычи	Объект исследования	Содержание ТНТ, мг/л	$ПДК_в$, мг/л

подземная добыча железных руд	шахтные воды до очистки	0,200	
	шахтные воды после очистки	0,198	
	шахтный водоотлив (фон)	0,051	
	речная вода до сброса шахтных вод	< 0,0016	0,01
	речная вода после сброса шахтных вод	0,0223	0,01
	речная вода вблизи предприятия	1,130	0,01
открытая добыча угля	карьерная вода до фильтрующего массива	0,0091	
	карьерная вода после фильтрующего массива	0,0124	

Таблица 2 – Распределение ТНТ в отходах горнодобывающих предприятий

Способ добычи	Объект исследования	Содержание ТНТ, мг/кг
открытая добыча железных руд	вскрышная порода	0,0015
	иловые карты очистных сооружений карьерного водоотлива	0,0624
	шлам шламохранилища	2,882

Таким образом, показана актуальность изучения распределения ТНТ в сточных водах и отходах горнодобывающей промышленности. Полученные данные могут быть использованы при оценке возможной нагрузки на окружающую среду и поиске источников загрязнения. Такие задачи возникают при размещении отходов на промышленных полигонах, а также при создании новых способов переработки.

Выводы:

1. Предложен метод определения 2,4,6-тринитротолуола в поверхностных, сточных водах и отходах с использованием газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

2. Изучено распределение 2,4,6-тринитротолуола в образцах сточных вод и отходов горных предприятий. Показано, что высокие концентрации ТНТ содержатся в пробах сточных вод при подземной добыче железных руд.

3. Установлено присутствие данного соединения в поверхностных водах.

4. Рекомендуется ввести определение ТНТ в программы мониторинга поверхностных и сточных вод в районах действия горнодобывающих предприятий Кемеровской области.

Библиографический список

1. Рыжаков А.В., Лозовик П.А., Куринная А.А. Биохимическая трансформация некоторых азотсодержащих органических соединений в природной воде // Экологическая химия. – 2002. – № 11(4). – С. 237 – 240.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.2280-07. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03 (утв. Постановлением Главного государственного врача РФ от 28 сентября 2007 г. № 75).
3. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии / А.Т. Лебедев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 493 с.

УДК 613.62

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ГОРОДА

Голиков Р.А., Олещенко А.М., Суржиков Д.В.

ГУ НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН г. Новокузнецк

Больничные отходы, по сравнению с промышленными, с отходами жилых, общественных зданий и пищевых предприятий, образуются в меньшем количестве, но они чрезвычайно сложны по составу и заслуживают особого внимания в гигиеническом и эпидемиологическом плане [3].

Если учесть, что объём отходов ЛПУ на одного больного составляет в среднем до 10 кг, то в больнице с мощностью на 100 коек их количество достигает одной тонны в сутки. Некоторые компоненты больничных отходов являются токсичными, их нельзя смешивать с твердыми бытовыми отходами. В настоящее время в мире, по данным литературы, уже накопилось около 1,8 млрд. тонн «токсичных отходов», что составляет примерно 300 кг на каждого жителя планеты [1, 4, 5].

Следует отметить, что морфологический состав отходов городских больниц существенно отличается от структуры твердых

бытовых отходов (ТБО). В частности, если в отходах городских больниц на первом месте находится бумага (30 %), на втором – смет, отсев (22,8 %), на третьем – пищевые отходы (20,4 %), на четвертом – перевязочные материалы и операционные отходы (12,0 %), на пятом – стекло (5,0 %), то структура ТБО была несколько иной: первое место занимали пищевые отходы (27,0 – 43,1 %), второе – бумага (18,4 – 37,5 %), третье – смет, отсев (11,3 – 23,8 %), четвертое – стекло (2,9 – 3,5 %), пятое – металл (2,4 – 4,0 %).

Целью данного исследования являлась экологическая характеристика и оценка утилизации отходов лечебно-профилактических учреждений г. Новокузнецка.

В исследовании использованы современные гигиенические методы и методы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ загрязняющих окружающую среду.

По отчетным данным специфические отходы составляют 22 % от всех медицинских отходов, а их накопление – от 0,5 до 0,64 кг/койку в сутки. По зарубежным данным количество больничных отходов в современных медицинских учреждениях на порядок больше. Соответственно больше вероятность инфицирования населения и загрязнения окружающей среды, а также требуемые мощности для ликвидации отходов.

Процентное соотношение специфических больничных отходов к общему количеству отходов и скорости их накопления (кг/кровать в день) показывает, что количество больничных инфицированных отходов значительно (таблица 1).

В структуре больничных отходов наибольший удельный вес составляют общеадминистративные (неинфицированные) – 50 %, затем следуют пищевые отходы (30 %), инфицированные отходы (10 %) и картон (9,5 %), причём максимальная скорость накопления установлена для общеадминистративных (неинфицированных) отходов (10,0 кг/кровать в день) и пищевых отходов (6,0 кг/кровать в день).

Таблица 1 – Структура больничных отходов и скорости их накопления (по F. Cross, R. Robinson, 1988)

Типы отходов	Удельный вес, %	Скорость накопления, кг/кровать в день
Патологические	0,5	0,1
Инфицированные	10,0	2,0
Общеадминистративные (неинфицированные)	50,0	10,0

Пищевые отходы	30,0	6,0
Картон	9,5	1,9
Всего	100,0	20,0

В ходе исследования с помощью методов прогнозирования рассчитано количество отходов, образующихся в ЛПУ города Новокузнецка. Для расчета использованы нормы накопления твердых бытовых и приравненных к ним производственных отходов.

По данным ряда исследований для решения задач по обеззараживанию, обезвреживанию, переработке и утилизации медицинских отходов наиболее целесообразно использовать установки для уничтожения твердых органических отходов [2].

Нами проведена оценка воздействия установки для уничтожения твердых органических отходов серии «ЭЧУТО-150.3» на окружающую среду и здоровье населения г. Новокузнецка.

Средние расчетные концентрации атмосферных примесей, связанные с сжиганием 350 т/год медицинских отходов в установке определялись при условии её размещения в Кузнецком промузле города с учетом коэффициента характеризующего устойчивость, постоянство выбросов из источника (отношение 20 ч. работы установки в сутки к 24 ч.). Определялись максимальные расчетные концентрации загрязняющих веществ от установки, расчетные концентрации по 20 точкам на территории города, которые затем осреднялись по районам. Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха от установки отмечается по всем примесям в Кузнецком, Заводском и Орджоникидзевском районах (таблица 2).

Определен риск хронической интоксикации, как пожизненная вероятность получения индивидуумом неспецифической патологии при воздействии загрязняющих атмосферный воздух веществ в месте его проживания. Риск хронической интоксикации, связанный с поступлением загрязняющих веществ в атмосферу от установки «ЭЧУТО-150.03» суммарно и по отдельным ингредиентам незначителен во всех районах города (таблица 3).

Рассчитан индивидуальный канцерогенный риск, как пожизненная вероятность получения индивидуумом онкологического заболевания, связанное с воздействием канцерогенов (в данном случае) атмосферного воздуха. Индивидуальный канцерогенный риск, связанный со сжиганием медицинских отходов в установке, находится на приемлемом уровне и не вызовет дополнительных случаев онкозаболеваний (таблица 4).

Таблица 2 – Средние расчетные концентрации атмосферных примесей, связанные со сжиганием 350 т/год медицинских отходов в установке «ЭЧУТО-150.03» (мг/м^3)

Район города	Взвешенные вещества	Азота диоксид	Сера диоксид	Формальдегид	Бенз(а) пирен	Углерод оксид
Центральный	1,41504E-06	7,0752E-06	7,08E-06	1,77E-07	2,6532E-10	7,0752E-06
Куйбышевский	1,23816E-06	6,1908E-06	6,19E-06	1,55E-07	2,32155E-10	6,1908E-06
Орджоникидзевский	2,29944E-06	1,14972E-05	1,15E-05	2,87E-07	4,31145E-10	1,14972E-05
Кузнецкий	3,5376E-06	0,000017688	1,77E-05	4,42E-07	6,633E-10	0,000017688
Заводской	2,6532E-06	0,000013266	1,33E-05	3,32E-07	4,97475E-10	0,000013266
Новоильинский	7,0752E-07	3,5376E-06	3,54E-06	8,84E-08	1,3266E-10	3,5376E-06

Таблица 3 – Риск хронической интоксикации, связанный с поступлением загрязняющих веществ от установки «ЭЧУТО-150.03» (доли единицы)

Район города	Взвешенные вещества	Азот диоксид	Сера диоксид	Формальдегид	Углерод оксид	Суммарный риск
Центральный	3,65E-07	5,13E-06	5,47E-06	1,71E-06	1,37E-07	1,28E-05
Куйбышевский	3,19E-07	4,49E-06	4,79E-06	1,50E-06	1,20E-07	1,12E-05
Орджоникидзевский	5,93E-07	8,34E-06	8,89E-06	2,78E-06	2,22E-07	2,08E-05
Кузнецкий	9,12E-07	1,28E-05	1,37E-05	4,27E-06	3,42E-07	3,20E-05
Заводской	6,84E-07	9,62E-06	1,03E-05	3,21E-06	2,56E-07	2,40E-05
Новоильинский	1,82E-07	2,56E-06	2,74E-06	8,55E-07	6,84E-08	6,41E-06

Таблица 4 – Индивидуальный канцерогенный риск, связанный с поступлением атмосферных примесей от установки «ЭЧУТО-150.03» (доли единицы)

Районы	Бенз(а)пирен	Формальдегид	Суммарно
Центральный	2,35E-10	2,32E-09	2,55971E-09
Куйбышевский	2,06E-10	2,03E-09	2,23974E-09
Орджоникидзевский	3,82E-10	3,78E-09	4,15952E-09
Кузнецкий	5,87E-10	5,81E-09	6,39927E-09
Заводской	4,41E-10	4,36E-09	4,79945E-09
Новоильинский	1,17E-10	1,16E-09	1,27985E-09

Проведен расчет удельного риска для здоровья населения города путем деления суммарного индивидуального риска соответственно на 280000 т/год ТБО, поступающих на свалку, и 350 т/год медицинских отходов предполагающихся к сжиганию в установке. Популяционный риск определялся как произведение суммарного индивидуального риска на численность населения районов города. Удельные риски имплицированные поступлением ТБО на свалку и медицинских отходов на установку примерно равны по порядку и, соответственно, установка «ЭЧУТО-150.03» вполне эффективна для утилизации отходов от ЛПУ.

Выводы:

1) Морфологический состав отходов городских больниц существенно отличается от структуры твердых бытовых отходов. В отходах городских больниц на первом месте находится бумага (30 %), на втором – смет, отсев (22,8 %), на третьем – пищевые отходы (20,4 %), на четвертом – перевязочные материалы и операционные отходы (12,0 %), на пятом – стекло (5,0 %).

2) Средние расчетные концентрации атмосферных примесей, связанные с сжиганием 350 т/год медицинских отходов в установке «ЭЧУТО-150.03» наиболее высокие в Кузнецком, Заводском и Орджоникидзевском районах города Новокузнецка.

3) Риск хронической интоксикации и индивидуальный канцерогенный риск связанный с поступлением загрязняющих веществ в атмосферу от установки «ЭЧУТО-150.03» незначителен для здоровья населения города, как по отдельным ингредиентам так и суммарно.

4) Удельные риски имплицированные поступлением ТБО на свалку и медицинских отходов на установку примерно равны по порядку и, соответственно, установка «ЭЧУТО-150.03» вполне

эффективна для утилизации отходов от ЛПУ.

Библиографический список

1. Голиков Р.А. Гигиеническая оценка утилизации отходов лечебно-профилактических учреждений города / Р.А. Голиков, А.М. Олещенко // Современные проблемы гигиены города, методология и пути решения: Материалы пленума научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и Минздравсоцразвития РФ, 21-21 декабря, 2006 г. / Под ред. академика РАМН Ю.А. Рахманина. – М., 2006. – С. 76-78.
2. Молчанова И.В. Применение установок «ЭЧУТО-150» для решения задач по обезвреживанию, обеззараживанию, переработке и утилизации медицинских отходов / И.В. Молчанова, Т.М. Константинова, Г.И. Двоскин // Медицинские отходы: проблемы и пути решения: Сб. матер. III Всероссийской научной конф. с международным участием. – М., 2005. – С. 46-48.
3. Онищенко Г.Г. Современное состояние и проблемы обращения с медицинскими отходами в РФ / Г.Г. Онищенко // Медицинские отходы: проблемы и пути решения: Сб. матер. III Всероссийской научной конф. с международным участием. – М., 2005. – С. 8-15.
4. Опарин П.С. Гигиена больничных отходов / П.С. Опарин. – Иркутск: Восточно-Сибирский научный центр СО РАМН, 2001. – 40 с.
5. Практическое пособие по обращению с отходами ЛПУ / Под ред. Голубева Д.А. – С-Петербург, 2001.

Научный руководитель – д.м.н., зам. директора по науке ГУ НИИ КПГПЗ СО РАМН Олещенко А.М.

УДК

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ГЛУБОКОМ ДОЖИГЕ ГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТОВ ЦИРКУЛИРУЮЩЕГО ГАЗА УСТК

Коробейников А.П.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Причинами загрязнения атмосферы при работе установки сухого тушения кокса (УСТК) являются организованные и неорганизованные

газовые выбросы, имеющие место, как в ходе осуществления основного процесса, так и при загрузке раскалённого и выгрузке охлаждённого кокса, и содержащие ряд вредных компонентов (прежде всего оксид углерода и пыль). В современных конструкциях УСТК практически все выбросы являются организованными. К их числу относятся: выбросы избыточного циркулирующего газа, осуществляемые на УСТК с производительностью блоков по коксу 70 т/ч обычно только через свечу дымососа, выбросы газа, отсасываемого от мест разгрузки охлаждённого кокса, а также и от мест загрузки раскаленного кокса.

Образование в циркуляционном контуре установки избыточных объёмов газа обусловлено рядом причин, главными из которых являются: выделение пиролизного газа при термостатировании раскалённого кокса в камере – накопителе, частичная газификация кокса (угар) в верхних горизонтах камеры тушения вследствие его взаимодействия с окислительными компонентами циркулирующего газа (O_2, CO_2 и H_2O), дожиг горючих компонентов циркулирующего газа в кольцевом газоходе за счёт регулируемого подсоса воздуха через лючки. Источниками попадания основных вредных компонентов в вентиляционные выбросы являются наличие в коксе цылевидных фракций за счёт его истирания, а также прососы в атмосферу циркуляционного газа через неплотности затворов.

Снижение содержания пыли в сбросных газах до санитарных норм можно добиться пут ём установки более современного газоочистного оборудования, что осуществлено на ряде зарубежных УСТК. Более сложной является проблема снижения выбросов оксида углерода, содержание которого в сбросных газах УСТК даже при нормальной её эксплуатации может составлять (по ПТЭ-85) 8 – 12 %. Уменьшение токсичности газообразных выбросов по содержанию в них СО можно добиться двумя различными способами. Первый из них – осуществление возможно более плотного дожига горючих компонентов циркулирующего газа (СО и H_2) до CO_2 и H_2O. Такой дожиг может быть осуществлён непосредственно в кольцевом газоходе УСТК путём увеличения регулируемого подсоса воздуха.

Второй способ – снижение выбросов СО в атмосферу за счёт утилизации избыточных газов УСТК путём их подмешивания к прямому или обратному коксовому газу, доменному газу или использования в самостоятельном виде.

Выполненные исследования по глубокому дожигу СО в кольцевом газоходе на двух камерах тушения при производительности их по коксу 45 и 70 т/ч. Производительность камер была обусловлена производительностью коксовой батареи и количеством работающих

блоков тушения. При тушении всего кокса, поступающего на УСТК, на двух блоках производительность каждой камеры составляла 65 – 70 т/ч, а при работе трёх блоков – около 45 т/ч.

Каждая камера УЧСТК НТМК оборудована коллектором с дистанционным управлением, через который поступает воздух одновременно в четыре лючка верхнего кольцевого канала. Кроме этого, имеются дополнительные лючки для подсоса воздуха, которые при необходимости открываются вручную. Разряжение в кольцевом канале обеспечивает поступление воздуха в требуемом количестве через коллектор и дополнительные лючки. Объем подсасываемого воздуха при этом, однако, не измеряется и регулируется только количеством открываемых лючков.

Методика исследования заключается в следующем. Вначале открывается необходимое количество лючков для поступления воздуха в газосборный коллектор и поддерживается заданная камеры по коксу. Температура газов по контуру циркуляции и гидравлический режим фиксировались имеющимися средствами на пульте управления УСТК. Давление газов под сводом накопительной камеры поддерживался автоматически в пределах 0÷5мм вод. ст. Температура кокса на разгрузке практически не менялась и соответствовала требованиям правил технической эксплуатации.

При производительности камеры по коксу 70 т/ч изучены три режима дожига в зависимости от количества воздуха, подаваемого в верхний кольцевой газосборный канал: 1) подача воздуха через коллектор (4 лючка) с дистанционным управлением режимом дожига; 2) подача воздуха через коллектор и дополнительно открытые два лючка; 3) подача воздуха через коллектор и дополнительно открытые три лючка. Результаты исследования показали снижение концентрации оксида углерода в циркулирующем газе с увеличением поступления воздуха на дожиг. При этом объемы выбросов газа через свечу после дымососа закономерно возрастали, тогда как валовые выбросы СО через свечу дымососа и вентиляцию разгрузки в обоих опытных вариантах снижались. Минимальная концентрация СО (0,9 %) в избыточно циркулирующем газе достигалась при открытии коллектора и трех лючков (таблица 1). В вентиляционном газе разгрузки она составляла 0,1 %. Валовые выбросы оксида углерода при этом режиме составляли 879,2 т/год с одной камеры тушения против 5112, 6 т/год при подаче воздуха только через коллектор. Валовые выбросы пыли через свечу после дымососа при указанном режиме несколько возрастали (с 32,7 до 41,8 т\год), хотя массовая концентрация пыли в сбрасываемом газе практически не менялась.

Аналогичным способом исследовался режим дожига оксида углерода при производительности камеры по коксу 45 т/ч . При поступлении воздуха через коллектор (4 лючка), остаточная концентрация оксида углерода в избыточном циркулирующем газе составляла 4,4 %. Дополнительное открытие еще одного лючка позволило снизить содержание CO в сбросном газе до 0,6 % . Валовые выбросы оксида углерода через свечу после дымососа и вентиляцию разгрузки снизились до 582,5 т/год.

Характерной особенностью данного способа снижения выбросов CO является одновременный рост угара кокса (таблица 1), что, по-видимому, объясняется увеличение содержания в циркулирующем газе CO_2 и H_2O и усилением роли газификации кокса в камере тушения.

Из результатов исследован видно, что при работе камеры тушения на проектной производительности (70 т/ч), угар кокса ниже на 0,5 – 0,8 %. Чем при производительности 45 т/ч. Аналогичный вывод следует из данных по удельным выбросам оксида углерода в атмосферу при всех режимах дожига. На наш взгляд, эти явления связаны с увеличением времени контакта кокса в камере тушения циркулирующем газом при пониженной производительности блока по коксу.

УДК 666.973.6

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГАЗОЗОЛОСИЛИКАТА

КАМБАЛИНА И.В.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В связи с повышением требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций возрос спрос на ячеистый бетон, который в настоящее время, является одним из конкурентоспособных и востребованных материалов на рынке строительных материалов.

Основным условием получения качественной ячеистой структуры с порами правильной шаровидной формы, равномерно распределенными по массе бетона без дефектов структуры является соответствие кинетики газовыделения изменению реологических характеристик вспучиваемой ячеистобетонной массы.

А.А.Фединым предложена модель формирования ячеистой пористости, позволяющей проанализировать влияние основных технологических факторов (В/Т и t смеси) на характер процессов

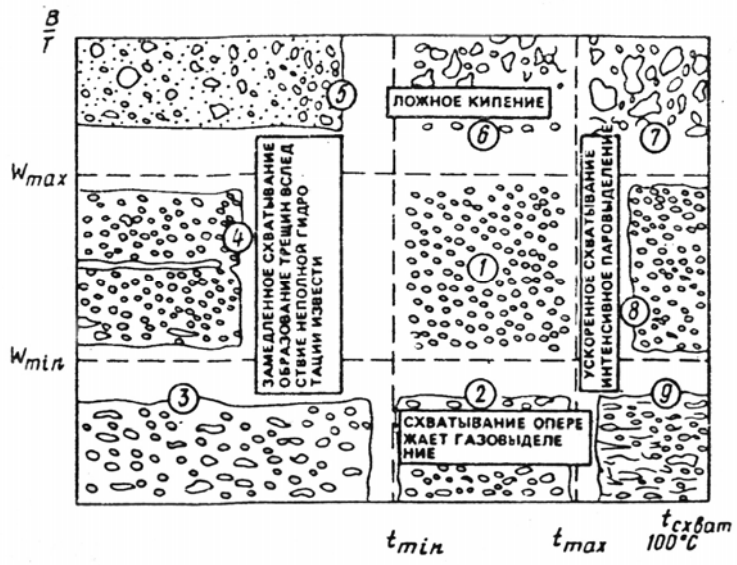
вспучивания и созревания ячеистой силикатной смеси.

Оценивая совместное действие температурно-влажностных факторов на кинетику вспучивания можно заключить, что каждый из указанных факторов может усиливать или сглаживать действие другого в зависимости от реальных условий вспучивания- наличия внешних механических воздействий на вспучивающуюся смесь, температуры и влажности окружающей среды, состава ячеистосиликатной смеси, качества извести, расхода и температуры воды затворения.

Наиболее опасны области 4, 5 и 6, которые отражают так называемое явление «ложного кипения», и области 2, 8, 9, характерные для случая, когда схватывание опережает газовыделение. В последнем случае смесь затвердевает до того, как завершатся процессы газовыделения и заданная плотность не будет достигнута, а межпоровые перегородки окажутся пронизаны трещинами.

«Ложное кипение», сопровождаемое порывом газа из формируемой массы, её просадкой и увеличением плотности готовых изделий, наблюдается в случае, когда завершение газовыделения не совпадает с набором ячеистобетонной массой требуемой пластической прочности.

Для достижения сбалансированности скоростей процессов газовыделения и нарастания пластично-вязких свойств вспучивающейся массы, которая в начале процесса газовыделения должна нарастать медленно, а в конце быстро, используют различные технологические приемы: изменяют температуру формовочной массы и воды, применяют специальные добавки для регулирования скорости гашения извести, частично загашивают известь и др.



t_{min} и t_{max} – нижний и верхний пределы рациональных значений температуры смеси; W_{min} и W_{max} –нижний и верхний пределы оптимальных значений формовочной влажности

Рисунок 1 – Физическая модель процессов вспучивания и схватывания силикатной ячеистой смеси в зависимости от температурно-влажностных условий

Наиболее эффективным в этом случае оказывается управление структурообразованием путем механического воздействия на вспучивающуюся смесь. Особенно эффективно сочетание вибрационных воздействий с использованием масс, содержащих добавки ПАВ.

При вибрационном способе регулирования пластично-вязких свойств ячеистобетонных масс оптимальны следующие режимы и параметры вибрации: в первый период вспучивания (до достижения максимальной скорости газовыделения) вибрация осуществляется при частоте 20 – 30 $с^{-1}$ и амплитуде 0,5 – 0,75 мм; при снижении интенсивности вспучивания амплитуда и частота вибрационных воздействий снижаются до 0,25 – 0,5 мм и 15 – 20 $с^{-1}$. При скорости вспучивания менее 0,5 – 1 см/мин вибровоздействия на смесь прекращают.

После прекращения вибрационных воздействий происходит быстрое восстановление разрушенных структурных связей, что приводит к интенсивному возрастанию пластической прочности и несущей способности поризованной массы. Это позволяет исключить «ложное кипение» и просадку массы.

Для получения газозолосиликата в качестве вяжущего применялась – известь-пушонка 1 сорта с содержанием активных CaO и MgO более 90 %, время ее гашения менее 25 минут, удельная поверхность составляет 3000 – 4000 $см^2$/г.

В качестве кремнеземистого компонента применялась каменноугольная зола – унос Западно-Сибирской ТЭС, которая является низкокальциевой, малощелочной и отличается высоким содержанием стеклофазы (> 60 %).

Указанная зола-унос является ультракислой (модуль основности 0,094) и имеет удельную поверхность 2300 – 2500 $см^2$/г.

В качестве газообразующей добавки применялась алюминиевая пудра ПАП-1, с временем активного газовыделения 3...4 мин. от начала смешивания компонентов газобетонной массы.

Для увеличения прочности, улучшения гидрофизических свойств,

повышения долговечности материала и длительной сохранности бетонной смесью высокой подвижности вводился суперпластификатор С-3 в количестве 2 – 3 % от массы вяжущего.

При помощи рентгенофазового анализа определен минералогический состав газозолосиликата, он представлен в основном силикатами кальция (рисунок 2).

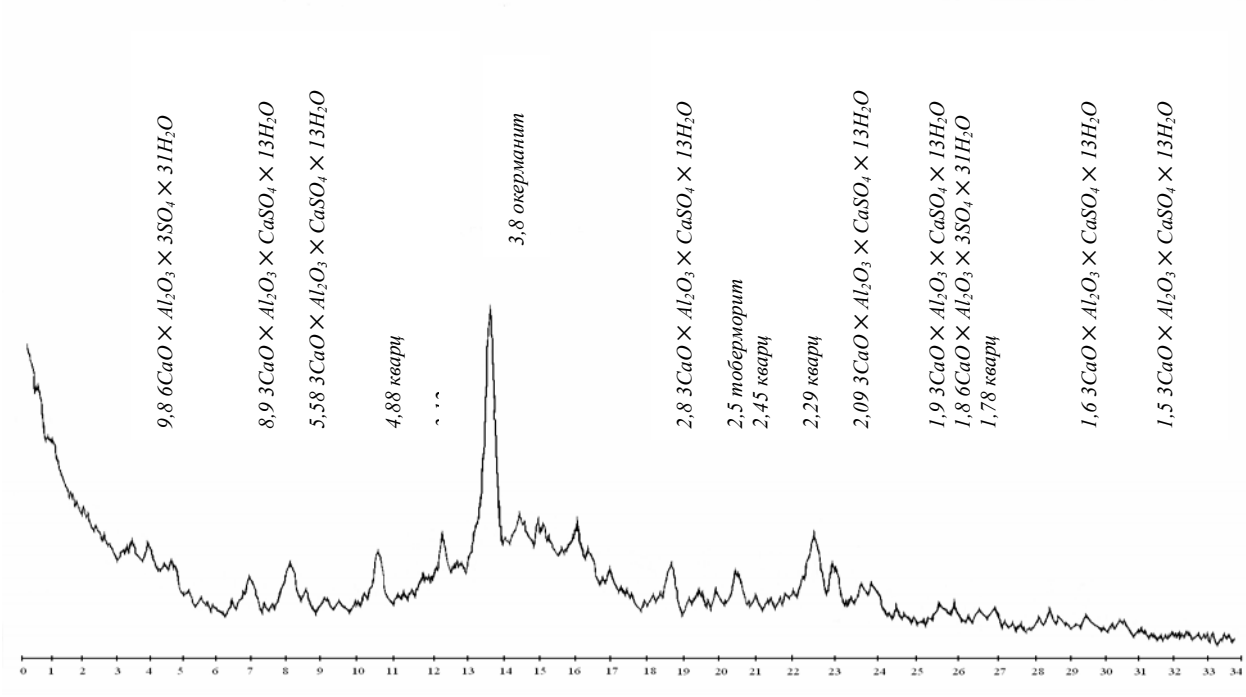


Рисунок 2 – Дифрактограмма газозолосиликата после пропаривания

Библиографический список

1. Меркин А.П. Новые технологические решения в производстве ячеистых бетонов / А.П. Меркин, М.И. Зейфман // Обзорная информация. – М.: ВНИИЭСМ, сер. 8. – Вып. 2, 1985. – 38 с.
2. Зейфман М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов / М.И. Зейфман. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.

УДК

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ СУСПЕНЗИОННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

МУРКО В.И., ФЕДЯЕВ В.И., ДЗЮБА Д.А., ЖУРАВЛЕВА Н.В.

ЗАО НПП «Сибэкотехника»,
ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр»
г. Новокузнецк

В настоящее время в Российской Федерации возрос интерес к использованию угольного топлива в малой и средней энергетике. Вместе с тем, использование угля или продуктов его переработки требует внедрения новых экологически чистых технологий, поскольку сжигание угля сопровождается выделением большого количества вредных веществ в атмосферу. К числу наиболее вредных относится эмиссия в окружающую среду оксидов серы и азота, которые являются предшественниками серной и азотной кислот в атмосфере. Это является одной из основных причин возникновения «кислотных дождей». Кроме того, оксиды азота NO_X участвуют в образовании фотохимического смога и разрушении озонового слоя.

Другими серьезными загрязнителями атмосферы при сжигании топлив являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). ПАУ относятся к стойким органическим загрязнителям. Основные источники ПАУ – газовые выбросы при сжигании органического топлива, автотранспорт, производство алюминия и черных металлов и др. Основной вклад в выбросы ПАУ вносит «малая» теплоэнергетика.

Токсичность и устойчивость ПАУ, а также их значительная распространенность в окружающей среде обуславливают необходимость постоянного контроля данных соединений. В настоящий момент в объектах окружающей среды идентифицировано более 200 соединений этого класса. Представителем ПАУ, обладающим сильным канцерогенным действием, является бенз(а)пирен и в России нормируется только его содержание. Но в техногенных выбросах бенз(а)пирен не доминирует, его доля меняется от объекта к объекту. Кроме того, бенз(а)пирен менее устойчив к влиянию окружающей среды, чем другие ПАУ. На долю бенз(а)пирена приходится около процента от суммы ПАУ, среди которых многие обладают канцерогенными и мутагенными свойствами.

Одним из путей снижения вредных выбросов является использование угля в виде суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) при сжигании его с использованием вихревой технологии.

Водоугольное топливо представляет собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля, воды и реагента-пластификатора:

уголь крупностью 0-200 (500) мкм	- 40÷70 %
вода	- 30÷60 %
реагент-пластификатор	< 1%

Характеристики ВУТ, как жидкого топлива, следующие:

– температура воспламенения – 450÷650 ^{o}C;

– температура горения – 950÷1050 ^{o}C;

– низшая теплота сгорания – 2000÷4800 ккал/кг (зависит от марки угля, зольности и влажности ВУТ);

– обладает всеми технологическими свойствами жидкого топлива: транспортируется в авто- и железнодорожных цистернах, по трубопроводам, в танкерах и наливных судах, хранится в закрытых резервуарах;

– сохраняет свои свойства при длительном хранении и транспортировании;

– взрыво- и пожаробезопасно.

Цель настоящей работы – изучение распределения ПАУ и других вредных веществ в газовых выбросах при применении вихревой технологии сжигания суспензионного водоугольного топлива.

Экспериментальная часть.

Испытания по исследованию состава вредных выбросов при сжигании суспензионного водоугольного топлива были проведены на демонстрационной стендовой опытно-промышленной установке ЗАО НПП «Сибэкотехника». Установка предназначена для отработки режимов приготовления и сжигания водоугольного топлива, но позволяет проводить работы и с другими видами топлив.

Сжигание опытных партий суспензионных угольных топлив осуществлялось в специальной камере сжигания, оборудованной горелочным устройством и системой эвакуации газов. В топочном объеме за счет тангенциального ввода потоков дутья организовано вихревое течение и перемешивание горячих продуктов сгорания с вводимыми потоками, что обеспечивает наибольшую глубину выгорания топлива и стабильность горения. Активная вихревая аэродинамика, создаваемая в камере тангенциальной подачей дутья, используется для глубокого выжигания летучих и уноса и подавляет

эмиссию вредных веществ благодаря активному перемешиванию. Кроме того, благодаря вихревой аэродинамике в несколько раз увеличивается время нахождения частиц топлива в зоне горения, что также положительно сказывается на уровне вредных выбросов.

В этом отношении вихревая топка выгодно отличается от стандартных топочных устройств угольных котлов, где величина механического недожога может достигать 40 %, а уровень вредных выбросов может превышать предельно допустимые значения в несколько раз.

Топливо из расходного бака с помощью перистальтического насоса НП-16 с производительностью до 0,3 $м^3$/ч по системе трубопроводов подавалось к форсунке горелочного устройства. Регулирование объема подачи осуществлялось с помощью инвертора J 100 («Hitachi», Япония) путем изменения частоты вращения двигателя насоса.

Распыление топлива форсункой осуществлялось с помощью сжатого воздуха с применением компрессора ПКС-3,5. Температура в камере сжигания контролировалась термопреобразователем. Давление композиционного топлива и сжатого воздуха контролировались датчиками давления и манометром; расход топлива и сжатого воздуха - расходомерами. Все показания по давлению и температуре фиксировались на технологических измерителях. Для розжига применялась солярная горелка WSO-12H («Wester Line», Великобритания).

Измерение содержания токсичных компонентов (CO, NO_X, SO_2) в уходящих газах при сжигании ВУТ производилось с помощью газоанализатора Testo 300XXL («Testo», Германия), который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 17271-05 и допущен к применению в Российской Федерации.

Отбор проб отходящих газов на содержание ПАУ проводили в соответствии с методикой. Сорбционные экспонированные материалы (стекловолокно и фильтры АФА-ХА) помещали в стакан и экстрагировали в ультразвуковой ванне трижды по 15 мин гексаном. Экстракты объединяли, упаривали в токе азота до объема 1 мл, прибавляли 1 мл ацетонитрила. Верхний слой гексана отдували, пробу в ацетонитриле переносили во флаконы с завинчивающейся крышкой.

Измерения концентраций ПАУ выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с регистрацией поглощения света с помощью фотодиодной матрицы и флуоресцентным детектированием. Использовали хроматографическое оборудование фирмы («Varian», США): градиентный насос высокого

давления серии 9012 с возможностью создания трехкомпонентного элюента; автосамплер 9300; детектор на диодной матрице - POLY-CHROM 9065; флуоресцентный детектор 9075. Разделение исследуемых смесей веществ осуществляли на хроматографической колонке ChromSpher PAH (4,6 x 250 mm) («Varian», США), специально разработанной для эффективного анализа ПАУ. Хроматографирование проводили в градиентном режиме: ацетонитрил – вода (от 70:30 до 100:0 за 10 мин, 100 % ацетонитрил – 15 мин). Расход растворителя – 1 $см^3$ /мин.

Параметры детектирования для детектора на диодной матрице: спектры снимали в интервале 190 – 367 нм, при количественном определении сигнал регистрировали при 254 нм. Параметры детектирования для флуоресцентного детектора: программирование по времени на максимумах возбуждения и испускания, ширина полосы возбуждения и излучения – 8 нм.

Определение проводили с использованием следующих стандартных веществ ПАУ: аценафтен, аценафтилен, антрацен, бенз(а)антрацен, бенз(а)пирен, бенз(в)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(g,h,i)перилен, дибенз(a,h)антрацен, индено(1,2,3-cd)пирен, пирен, флуорен, фенантрен, флуорантен, хризен (фирма «Supelco», США). В этот список включены канцерогенные ПАУ (бенз(а)пирен, бенз(в)флуорантен, бенз(g,h,i)перилен, индено(1,2,3-cd)пирен), неканцерогенные, но токсичные (флуорантен, бенз(к)флуорантен), остальные соединения отражают степень антропогенной загрязненности ПАУ природных объектов.

Идентификацию ПАУ проводили путем библиотечного поиска по физико-химическим характеристикам индивидуальных соединений с помощью программного средства «PolyView». Библиотека содержит спектральные параметры, абсолютные времена удерживания 16 приоритетных полициклических ароматических углеводородов. Все ПАУ имеют характерные УФ-спектры, по которым с вероятностью более 95 % идентифицировались соединения. Одновременное использование двух детекторов при анализе проб неизвестного состава исключает ошибки идентификации веществ. Обработку результатов измерений концентраций ПАУ выполняли с помощью программного средства «STAR chromatography workstation».

Таблица 2 – Распределение ПАУ в газовых выбросах при сжигании ВУТ, приготовленного на основе антрацитов (Вьетнам) и угольных шламов Кузнецких углей.

Наименование показателя	Результаты испытания, мкг/м^3	
	Топливо из антрацитов (Вьетнам)	Топливо из угольных шламов Кузнецких углей
Нафталин	< 0,02	< 0,02
Аценафтилен	< 0,006	< 0,006
Флуорен	< 0,006	< 0,006
Аценафтен	< 0,006	< 0,006
Фенантрен	0,016	< 0,001
Антрацен	< 0,001	< 0,001
Флуорантен	< 0,020	< 0,020
Пирен	< 0,020	< 0,020
Бенз[а]антрацен	< 0,006	< 0,006
Хризен	< 0,003	< 0,003
Бенз[а]пирен	< 0,001	< 0,001
Дибензо[a,h]антрацен	< 0,006	< 0,006
Бенз[b]флуорантен	< 0,006	< 0,006
Бенз[к]флуорантен	< 0,001	< 0,001
Бенз[g,h,i]перилен	< 0,006	< 0,006
Индено[1,2,3-cd]пирен	< 0,006	< 0,006

Таблица 1 – Характеристика работы установки и содержание вредных веществ в отходящих газах при сжигании образцов ВУТ из различных углей и шламов

Наименование показателя	Результаты сжигания партий ВУТ, мг/м^3, приготовленного на основе:						
	Уголь марки Д (Кузбасс)	Шламы марки $СС_Ш$ (Кузбасс)	Шлам ш. «Заречная» (Кузбасс)	Шлам ЦОФ «Абашевская» (Кузбасс)	Антрацит (Вьетнам)	Бурые угли (Монголия)	Высокосернистые угли (Болгария)
Массовая доля твердой фазы, %	64	64,5	60	62,5	64,5	47	62
Низшая теплота сгорания, ккал/кг	4580	3865	3150	2916	3625	1997	3656
Вязкость (при скорости сдвига 81 с$^{-1}$), мПа×с	320	355	520	380	470	850	370
Расход ВУТ, л/ч	50	60	65	100	30	130	80
Давление ВУТ, атм	1,8	1,7	1,9	1,5	3,2	1,3	1,7
Температура в топке, ^oC	1050	1100	950	950	980	900	1000
CO*, мг/м^3	219	210	164	165	112	248	140
NO_X*, мг/м^3	80	280	503	245	173	252	105
SO_2*, мг/м^3	-	-	-	-	-	47	480
*Нормативные значения: CO – не более 375 мг/м^3, NO_X - не более 750 мг/м^3, SO_2 – не более 750 мг/м^3 (ГОСТ 28193-89).							

Таблица 3 – Распределение ПАУ в газовых выбросах при сжигании угля и водоугольного топлива

Наименование показателя	Результаты испытания, мкг/м^3		
	Абашевская районная котельная	Байдаевская районная котельная	ВУТ из Кузнецких углей, стендовая установка
Нафталин	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Фенантрен	75,50	28,80	1,12
Антрацен	9,10	10,90	< 0,07
Флуорантен	14,30	< 0,07	1,40
Пирен	10,90	< 0,07	0,35
Хризен	< 0,07	< 0,07	0,12
Бенз(а)пирен	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Суммарная концентрация ПАУ	109,8	39,7	2,99

Результаты и их обсуждение.

Содержание твердой фазы в пробах ВУТ из каменных углей практически постоянно и колеблется в небольших пределах – от 60 до 65 % (таблица 1). Исключение составляет топливо из бурого угля, в котором содержание твердой фазы – 47 %, что обусловлено высоким содержанием влаги в исходном угле. Большая часть исходной влаги химически связана с частицами угля и не участвует в образовании жидкой структуры топлива. Небольшое содержание твердого в ВУТ из бурого угля также объясняет пониженную теплоту сгорания топлива и обуславливает его высокий расход при сжигании.

Ввиду того, что содержание серы в Кузбасских каменных углях и Вьетнамском антраците мало, при сжигании партий ВУТ из этих углей практически не образуется двуокись серы SO_2. Небольшое содержание SO_2 отмечено при сжигании ВУТ из бурого угля, максимальное содержание двуокиси серы в газах наблюдалось при сжигании ВУТ из Болгарских высокосернистых углей. Кроме того, не наблюдалось зависимости величины SO_2 от величины температуры (в диапазоне 900 ÷ 1000°C).

Содержание CO при стабилизированном режиме горения топлива невысокое, в 1,5 – 3 раза меньше нормативных величин. Отмечено также, что во всех случаях содержание CO в газовых выбросах снижается с ростом температуры в топке.

Содержание NO_X также существенно ниже нормативной величины. Исключение составляет лишь партия ВУТ из шламов шахты «Заречная», что, вероятно, обусловлено элементным составом исходного сырья, в котором содержание азота выше по сравнению с другими углями и шламами. С ростом температуры содержание NO_X пропорционально увеличивается.

Установлено, что во всех исследованных пробах отсутствуют нафталин, аценафтилен, флуорен, аценафтен, антрацен, бенз[a]антрацен, бенз[a]пирен, дибензо[a,h]антрацен, бенз[b]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[g,h,i]перилен, индено[1,2,3-cd]пирен. Из всего перечня анализируемых ПАУ в экспериментах (таблица 2) был обнаружен только фенантрен, который является самым стабильным углеводородом. Отсутствие ПАУ в отходящих газах можно объяснить условиями сжигания ВУТ в вихревой топке, которые характеризуются увеличенным временем нахождения частиц топлива в зоне горения при высокой концентрации паров воды. Как показали ранее проведенные исследования по анализу продуктов сжигания углей, введение паров воды в зону горения сопровождается уменьшением выхода ПАУ примерно в 3 раза. Кроме того, увеличение времени сгорания топлива от 0,24 ÷ 0,28 с до 0,6 ÷ 0,65 с приводит к разрушению 77 – 78 % ПАУ . При применении вихревой технологии сжигания время нахождения частиц в зоне горения составляет от 3 до 5 секунд.

Распределение индивидуальных ПАУ в газовых выбросах при сжигании угля и водоугольного топлива приведено в таблице 3. Ранее при определении содержания ПАУ в газовых выбросах котельных нами было показано, что основными компонентами в отходящих газах являются фенантрен, флуорантен, пирен, хризен. Данные углеводороды являются превалирующими компонентами выбросов систем, связанных с пиролизом органического вещества. Суммарная концентрация ПАУ, найденная в газовых выбросах котельных многократно превышает значения, определенные при сжигании ВУТ.

Исследования показали, что условия сжигания ВУТ в вихревой топке не способствуют образованию антрацена, однако зафиксировано присутствие хризена, который не обладает канцерогенными свойствами.

Разработанная технология сжигания водоугольного топлива не способствует образованию бенз(а)пирена, который является наиболее опасным канцерогеном.

Можно утверждать, что достаточно низкие значения ПАУ и других вредных веществ, полученных при сжигании ВУТ,

обусловлены:

– наличием значительных объемов водяных паров в уходящих газах, образующихся при сжигании данного вида топлива;

– длительным временем нахождения частиц (капель) топлива в зоне горения вихревой топки.

Проведенные исследования показали:

– перспективность применения угля в виде суспензионного топлива как экологически чистого энергоносителя;

– существенное снижение содержания вредных веществ в уходящих газах благодаря применению эффективной технологии вихревого сжигания суспензионного угольного топлива.

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СБОРА, ТРАНСПОРТИРОВКИ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

УДК 614.84

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТИ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

НАУМОВ И.С., СЕРЕДА Т.Г.

Пермский государственный технический университет
г. Пермь

Проблема пожароопасности полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) в настоящее время стоит очень остро. Ежегодно, в весенне-летний период происходят возгорания полигонов ТБО. Например, в поселке Самосырово 15 апреля 2008 года под Казанью произошло крупное самовозгорание мусора на полигоне твердых бытовых отходов, площадью около 10 м^2. При тушении пожара работали 4 пожарных автоцистерны, 17 водовозок и 28 самосвалов от различных МУП Казани. Также к тушению пожара был привлечен вертолет Ми-8МТВ авиагруппировки МЧС России в республике Татарстан. Уже 16 апреля к месту горения мусора было завезено 1 тыс. 461 м^3 грунта (90 рейсов самосвалов) и использовано 190 м^3 воды для тушения. Однако подобное тушение пожаров на полигоне ТБО не дает эффективных результатов, т.к. основной причиной пожара на данном объекте являются процессы, связанные с жизнедеятельностью микроорганизмов, приводящее к активному размножению термофильных бактерий.

Известно, что процессы разложения ТБО на полигонах ТБО протекают как в аэробных, так и анаэробном условиях, в которых принимают участие различные виды микроорганизмов, активно размножающихся в различных температурных режимах: – психрофиллы (бактерии, плесневые грибы) (от 4 до 30 °С)**;** мезофиллы (бактерии, актиномицеты) (от 10 до 45 °С); термофиллы (бактерии, актиномицеты, мезофильные споры) (от 45 до 65 °С).

В результате жизнедеятельности микробиологических популяций в аэробных и анаэробных условиях, в толще складируемых на полигоне ТБО происходит трансформация органических веществ, приводящая к образованию биогаза. В состав биогаза входят: метан как основной компонент, сероводород, аммиак, диоксид углерода, оксиды азота, углеводороды, представляющие опасность для населения, проживающего вблизи полигонов ТБО. В зависимости от уровня

эмиссии биогаза в атмосферу и степени его растворения в воздушной среде биогаз может оказывать токсическое воздействие на все живые организмы. Биогаз способен вытеснять воздух, содержащийся в верхних слоях отходов и почвенном слое, вследствие этого – угнетение и гибель растительного покрова. Определенное соотношение метана с воздухом может привести к взрывоопасной ситуации. При благоприятных условиях жизнедеятельности метаногенных бактерий из каждой тонны ТБО образуется 250 $м^3$ сырого биогаза с теплотой сгорания 18900 – 25100 $кДж/м^3$ [2]. Следовательно, при определенных условиях на полигоне ТБО возможно не только возгорание, но и взрыв метановой смеси.

В качестве профилактических мероприятий взрыво- и пожаротушения на полигонах ТБО можно предложить:

– Создание автоматизированной системы контроля и управления взрывопожароопасностью на полигоне ТБО.

– Внедрение механизированных средств профилактики пожаров.

Учитывая, что полигоны ТБО занимают большие площади, предложено их орошение: для перераспределения почвенной влаги из верхних слоев в нижние горизонты использовать рыхление; непосредственно для полива различные дождеватели и дождевальные пушки, используемые в сельском хозяйстве, которые управляются контроллерами; датчики дождя, которые сигнализируют о необходимости полива. На основе этого нами предложена автоматизированная система пожаротушения на полигонах ТБО, включающее в себя дождеватели, насосную станцию, сборник фильтрата, реагентное хозяйство, контролер, пруды. В данной системе предложено измерительное оборудование для контроля температуры, внутри массива ТБО, которое сигнализирует о достижении критической температуры. В эту систему входит импульсная дождевальная пушка IRRIGATORE P/80 [6] среднего давления используется для любых видов установок, оснащенная 3 видами взаимозаменяемых сопел 34, 36, 38, рассеивателем струи и с регулируемой турбиной, обеспечивающей равномерную интенсивность полива всей площади. В основу системы управления заложен процесс рециркуляции фильтрата [4, 5]. Пруды наполняются фильтратом, поступающим с полигона ТБО, в которых при помощи системы pH-регулирования кислотная среда фильтрата меняется на щелочную, и дальнейшая рециркуляция данного фильтрата в массив ТБО будет способствовать подавлению деятельности термофильных бактерий.

Произведены расчеты системы тушения пожара полигона размером 5 Га и разработаны мероприятия по локализации развития

термофильных бактерий, включающие процессы рыхления полигона, а также снежную мелиорацию массива ТБО.

Вывод: Таким образом, обобщены данные по взрывопожароопасности полигонов ТБО. Обоснованы причины возгорания отходов на полигонах ТБО. Предложены мероприятия по предотвращению пожаров и взрывов на полигонах ТБО, включающие технологические и технические приемы регулирования взрывопожароопасности на данном объекте.

Библиографический список

1. Бертокс П.М. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений: пер. с англ. / П.М. Бертокс Д.Ф. Радд. – М.: Мир, 1980. – 606 с.
2. Компостирование твердых бытовых отходов: Учеб. пособие. / Вайсман Я.И., Петров В.Ю.; ПГТУ. Пермь, 1996. – 100 с.
3. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу. – М: Колос, 1984. - 345 с. 4. Пат. № 2162059 RU. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от тяжелых металлов / Т.Г. Середа, С.Н. Костарев, Л.В. Плахова. № 2000100422; заявл. 06.01.2000; опубл. 20.01.2001. – 8 с.
5. Середа, Т.Г. Наукоемкие технологии в проектировании искусственных экосистем хранения отходов / Т.Г. Середа, Р.А. Файзрахманов, С.Н. Костарев; Перм. филиал Института экономики УрО РАН, Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2006. – 292 с.
6. www.irrigation.ru
7. www.poliv.info

УДК 552.74:628.56

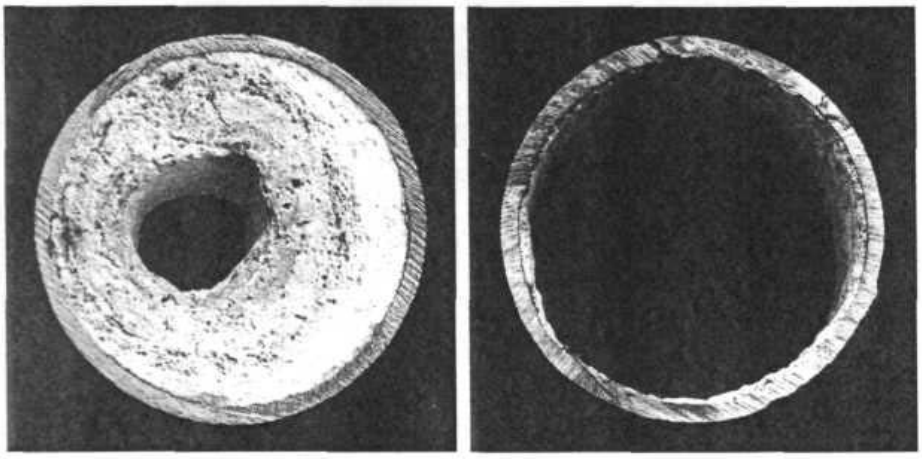
ОЧИСТКА ШЛАМОПРОВОДОВ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бальцер Д.В., Алексеева Н.М.,
Самигулина Л.А., Павлович Л.Б.

ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат», г. Новокузнецк

При очистке газообразных выбросов аспирационных систем (АС) коксовых цехов коксохимического производства (КХП) в очистные аппараты (СИОТ) подается техническая вода, которая, улавливая коксовую пыль, транспортируется в виде шламовой воды на значительные расстояния, при этом на стенках трубопроводов

образуются высокопрочные отложения косовой пыли, сцементированные карбонатом кальция и другими солями жесткости. По мере накопления эти отложения уменьшают проходное сечение трубопроводов, увеличивая гидравлическое сопротивление и обуславливая необходимость практически ежегодной замены труб на новые. Сечение трубы шламопровода аспирационных систем представлено на рисунке 1.



а б

Рисунок 1 – Сечение трубы шламопровода аспирационных систем при использовании технической воды (а) и биохимочищенной воды (б)

Ежегодно требуют замены порядка 4,3 км трубопроводов, в которых накапливается около 160 т углеродистокарбонатных отложений, удаление которых из шламопроводов аспирационных систем КХП является актуальной задачей.

Цель работы – разработка технологически эффективного, экономически целесообразного, безопасного способа очистки трубопроводов и утилизации осадка.

Осадки шламопроводов по элементному составу содержат, %: углерода – 35,73, кислорода – 62,45, водорода – 1,2, серы – 0,46 при общей зольности – 56,5 и выходе летучих веществ – 21,9. Минеральная часть осадка представлена оксидами Fe, Ca, Mg, Al, Mn, Zn, Si, Cu, P, Ti с преобладанием CaO – 44,2 %. Результаты химического анализа осадка шламопроводов аспирационных систем коксовых цехов следующие, %: 2,90 Fe, 0,046 Cu, 0,61 MgO, 1,15 Al_2O_3, 0,05 MnO, 0,057 ZnO, 44,2 CaO, 2,04 SiO_2, 0,95 P, 0,18 TiO_2.

С целью очистки шламопроводов, продления срока их эксплуатации, экономии технической воды предложено использовать в очистных аппаратах на аспирационных системах коксовых цехов

взамен технической воды биохимочищенную воду.

Физико-химический состав свежей технической воды и биохимоочищенной приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-химический состав технической и биохимочищенной воды

Наименование показателя	Техническая вода	Биохимочищенная вода
pH	8,3	7,4
Щелочность общ., мг-экв/л	1,63	6,6
Жесткость общ., мг-экв/л	2,24	6,4
Содержание, мг/л:		
Взвешенные вещества	7	300
Хлориды	12,16	117
Сульфаты	29,9	973
Кальций	33,3	17,5
Солесодержание	151	1834
ХПК	10,6	628
Аммоний-ион	0,12	507,9
Нитриты	0,14	32,1
Нитраты	2,3	20,7
Аммиак общий	-	475
Роданиды	н/о	1,8
Цианиды	н/о	1,8

Помимо того, что фенольные сточные воды не склонны к накипеобразованию в связи с отсутствием солей временной жесткости, они способны умягчать и техническую воду за счет обменной реакции между солями кальция и аммония. Использование биохимочищенной воды на очистном оборудовании аспирационных систем способствует разрушению отложений за счет взаимодействия карбонатов кальция и магния с содержащимся в этой воде связанным аммиаком в виде сульфата и хлорида аммония с образованием водорастворимого карбоната аммония.

Это подтвердилось на практике при замене технической воды на биохимочищенную через 1,5 – 2 месяца опытно-промышленных испытаний трубопроводы начали интенсивно очищаться от отложений, о чем свидетельствовали визуальные наблюдения и снижение расхода электроэнергии на перекачивание пульпы. Результаты использования

биохимочищенной воды взамен технической представлены на рисунке 1. Механизм процесса разрушения отложений представлен следующими реакциями:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2NH_4Cl \leftrightarrow CaCl_2 + 2NH_4HCO_3,$$

$$2NH_4HCO_3 \rightarrow 2NH_3\uparrow + 2CO_2\uparrow + H_2O.$$

Образующийся бикарбонат аммония разлагается при нагревании воды и продувке ее воздухом, в связи с чем равновесие реакции сдвигается вправо, т.е. временная жесткость воды переводится в постоянную

Проведен эксперимент по разрушению осадков шламопроводов в лабораторных условиях биохимочищенной водой при удельном расходе воды 0,01 дм^3/г осадка. Установлено: вода обогащается по содержанию Ca, Mg, Na летучего аммиака при снижении общего аммиака на 12 %, т.е. порядка 70 мг/дм^3. это подтверждает, что связанный аммиак в виде сульфата и хлорида аммония воды БХУ идет на реакцию взаимодействия с карбонатом кальция с образованием бикарбоната аммония и разрушает осадки.

Сточная вода после АС, работающих на технической воде, характеризуется жесткостью общей – 4,6 мг-экв/л, щелочностью общей – 0,49/0,9 мг-экв/л, содержанием взвешенных веществ – 18,2 г/л, Cl – 10,29 мг/л, ХПК – 41,5 мгО/л. Прирост содержания взвешенных веществ составляет 18,195 г/л, прирост солей жесткости составляет 0,24 мг-экв/л. Скорость образования солевых отложений в системе составляет 0,45 – 0,63 г/м^2·час при нормативной не более 0,25 г/м^2·час.

Сточная вода АС, работающих на биохимочищенной воде, характеризуется: жесткостью общей – 6,35 мг-экв/л, щелочностью общей – 0/9,3 мг-экв/л, содержанием взвешенных веществ – 69,2 г/л, Cl – 88,24 мг/л, ХПК – 2164 мгО/л, а также содержит, мг/л: 782,5, аммоний-иона, 15,95 – нитритов, 40 – нитратов, 1,1 – цианидов, 0,71 – роданидов. Прирост содержания взвешенных веществ составляет 68,83 г/л, прирост солей жесткости составляет 0,49 мг-экв/л. Скорость образования солевых отложений в системе составляет 0,03 г/м^2·час при нормативной не более 0,25 г/м^2·час.

Таким образом, при использовании биохимочищенной воды для очистки выбросов от коксовой пыли в коксовых цехах КХП взамен технической, скорость образования щламовых отложений трубопроводов сократилась против работы на технической воде в 15 раз, что позволило продлить срок эксплуатации шламопроводов, снизить потребление свежей технической воды. Этим обеспечивается значительный экономический эффект.

УДК 628.38

УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ: АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

ВОДОЛЕЕВ А.С., ЗУБКО И.А.

Кузбасская государственная педагогическая академия г. Новокузнецк

Рост городского населения, развитие промышленности сопровождаются увеличением объемов сточных вод и осадков сточных вод (ОСВ). Многообразие химического состава осадков, содержание в них токсичных веществ, в частности тяжелых металлов (ТМ), яиц гельминтов и патогенной микрофлоры, делает их использование для удобрения почвы небезопасным в эколого-гигиеническом отношении.

Тем не менее, использование осадков на удобрение и в нашей стране следует отнести к перспективным и наиболее безопасным способам их утилизации. Так как по содержанию ТМ часть ОСВ удовлетворяет агроэкологическим требованиям, в том числе и международным. Даже в таких промышленных центрах, как Москва и Санкт-Петербург, некоторые партии ОСВ содержат ТМ в количествах ниже ПДК.

За рубежом проблема токсичных и канцерогенных компонентов ОСВ, при их почвенном размещении, решается определением годовой нагрузки с учетом фона и накопления в почве, в совокупности с тщательным выбором участка и подбором видов растений. Кроме того, практикуется предварительное обезвреживание осадков.

В Великобритании более 40 % образующихся осадков сточных вод используется на сельскохозяйственные нужды (Davis, 1989). При этом одной из основных проблем, возникающих при почвенном размещении ОСВ, является содержание загрязняющих веществ, среди которых можно выделить:

– тяжелые металлы;

– патогенные микроорганизмы.

Принятие решения о почвенном размещении ОСВ базируется на результатах тщательного изучения их состава и свойств (Чеботарев, Колесниченко, 1988). При утилизации ОСВ в сельском хозяйстве принято учитывать также содержание твердых частиц, общего и аммонийного азота, фосфора, калия, кальция (Касатиков и др., 1992) и органических загрязнителей (Благовещенская и др., 1989). По мнению

американских специалистов на удобрение может быть использован только тот осадок, в котором содержание твердых частиц не превышает 30 %, а концентрация пестицидов, ароматических углеводородов и ТМ не выходит за пределы ПДК, определяемой во вносимой почве (Webber et all., 1993). Исходя из вероятной фитотоксичности тяжелыми металлами в США (штат Калифорния) разработаны нормы внесения ОСВ при выращивании сельскохозяйственных культур.

Многолетние сельскохозяйственные полевые опыты в Японии на песчано-суглинистых и песчаных почвах способствовали улучшению физико-химических свойств почв и слабому накоплению в них меди и цинка (Aoki, Ichii, 1990). Наиболее жесткие требования при использовании ОСВ в сельском хозяйстве разработаны в Норвегии: содержание в них Cd не должно превышать 2,5 мг/кг ОСВ (по сухому веществу), Pb – 80 мг/кг, Hg – 3 мг/кг, Zn – 800 мг/кг. Для целей озеленения (рекультивации) – менее жесткие требования, мг/кг: Cd – 5; Pb – 200; Hg – 5; Zn – 1500.

В таблице 1 представлены данные о нормах предельно допустимого содержания металлов в ОСВ, используемого в качестве удобрения в сельском хозяйстве в разных странах. Там же приведены усредненные результаты исследования химического состава ОСВ г. Новокузнецка в период с 1996 по 1999 годы, полученные в НПП «Экоуголь».

Таблица 1 – Нормы предельно допустимого содержания тяжёлых металлов в осадках сточных вод (мг/кг сухого вещества), используемом в качестве удобрения в разных странах, и фактическое их содержание в ОСВ г. Новокузнецка

Наименование элемента	Австрия	Бельгия	Дания	Канада	Нидерланды	Франция	ФРГ	Швеция	Требования РФ СанПиН (2.1.7.573-96)	ОСВ г. Новокузнецка
Мышьяк	100	10	-	75	10	-	-	-	20	19
Кадмий	10	10	8	20	10	15	30	15	30	2
Кобальт	100	20	6-120	150	-	20	-	50	-	13
Хром	500	500	40-120	-	500	200	1200	1000	1200	136
Медь	500	500	600	-	600	1500	1200	3000	1500	191

Ртуть	10	10	6	5	10	8	25	8	15	7
Марганец	-	500	-	-	-	500	-	-	2000	1669
Молибден	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-
Никель	200	100	20–40	180	100	-	200	500	400	53
Свинец	500	300	485	500	500	300	1200	300	1000	69
Селен	-	25	-	14	-	-	-	-	-	-
Цинк	2000	2000	3000	1850	2000	3000	3000	$1 \cdot 10^4$	4000	837

Сопоставление показывает, что ОСВ г. Новокузнецка в соответствии с требованиями к содержанию тяжелых металлов пригодно не только для целей озеленения, но и для сельского хозяйства. Таким образом, на первое место выходит фоновое содержание металлов на территории планируемого размещения ОСВ.

Установлены значительные различия в поглощении ТМ разными видами растений, где наиболее высокий уровень характерен для овощных растений, тогда как зерновые и технические культуры способны накапливать ТМ в значительно меньшей степени. Культуры по степени накопления кадмия можно расположить в следующий ряд по убывающей: свёкла > латук > морковь > редис > томаты > картофель > пшеница > овёс > бобы > кукуруза. Используя подбор культур, которые будут выращиваться на почвах, удобряемых ОСВ, можно в 60 раз изменить количество кадмия, которое поступит в пищевой рацион (Hooda, Alloway, 1994). Допустимый уровень поступления кадмия в организм человека (100 мкг/сут) обеспечивается, если с ОСВ вносится не более 1,7 кг/га кадмия в почву с кислым значением pH и не более 5 кг/га с нейтральной реакцией. При возделывании только зерновых культур внесение кадмия можно увеличить до 17 кг/га без опасности для здоровья людей (Ryan, 1981). Контролем безопасного содержания ТМ в почвах могут служить микроорганизмы (Напрасникова, 1993). Снизить доступность для растений тяжелых металлов, присутствующих в ОСВ, можно достичь контролируемым компостированием с различными наполнителями, что позволяет связывать ТМ в прочные комплексы хелатного типа (Балаганская, Мозгова, 1993).

В Люксембурге в сельском хозяйстве применяют 90 % годового выхода ОСВ, в Швейцарии – 70 %, Германии – 30 %. В России на эти цели используется всего 4 – 6 % (Русаков и др., 1994).

Учитывая международный опыт, можно считать реальным

использование не менее одной трети образующихся ОСВ, т. е. до 1 млн. т в пересчете на сухое вещество.

Опыт использования осадков в сельском хозяйстве свидетельствует о том, что осадки сточных вод являются органическим азотно-фосфорным удобрением, содержащим также ряд необходимых для развития растений микроэлементов. В России почвы с низкой обеспеченностью микроэлементами составляют 40 % площади пахотных земель, а промышленное производство ограничено и в современных экономических условиях они недоступны для большинства сельхозпроизводителей. По расчетам Д. М. Хомякова внесение 1 – 4 т/га сухого вещества ОСВ с содержанием Mg, Mn, Zn, Co, Mo на уровне ПДК может обеспечить бездефицитный баланс микроэлементов в севообороте на 8 – 10 лет (Хомяков, 1991). По химическому составу ОСВ приближаются к навозу, а именно, в перерасчете на сухое вещество содержат одинаковое с навозом количество углерода и общего азота, больше – фосфора, меньше – калия.

Кроме того, в процессе хранения в них происходит образование гуминовых веществ, способствующих накоплению в листьях растений хлорофилла и более интенсивному росту корней.

Все вышеперечисленные агроэкологические свойства ОСВ позволили начать серию полевых опытов по их использованию для выращивания картофеля сорта «Невский» на территории агробиостанции Кузбасской педагогической академии с 1997 года. Выращивание этой важной сельскохозяйственной культуры в течение десяти лет убедительно показало перспективность применения обезвреженных ОСВ в качестве органического удобрения. С их использованием улучшились товарные и питательные качества (содержание аскорбиновой кислоты и крахмала), лежкость клубней при хранении.

Таким образом, наряду с рекультивационными возможностями использования ОСВ на техногенно нарушенных землях, эти мелиоранты с не меньшим успехом могут найти применение в сельскохозяйственной практике. При этом решаются одновременно две экологические проблемы в масштабах Кузбасского региона:

– снижается экотоксичность отходов промышленного производства металлургических, энергетических и угольных отраслей;

– утилизируются твердые отходы очистных сооружений г. Новокузнецка экологически безопасным способом.

Для коммунальных служб городов долгосрочная перспектива утилизации ОСВ дает значительный экономический и экологический

эффект.

Библиографический список

1. Балаганская Е.Д., Мозгова Н.П. Поиск мелиорантов для восстановления загрязнённых почв // Тез. молод. конф. ботаников стран СНГ «Актуал. пробл. ботан.» / РАН. Кол. науч. центр. Поляр. – альп. ботан. сад – ин-т. – Апатиты, 1993. – С. 98 – 99.
2. Благовещенская З.К., Грачёва Н.К., Могиндович Л.С., Тришина Т.А. Утилизация осадка городских сточных вод // Химиз. с.-х.. – 1989. – № 10. – С. 73 – 76.
3. Касатиков В.А., Рунин В.Е., Касатикова С.М., Шабардина Н.П. Влияние осадков городских сточных вод на микроэлементный состав дерново-подзолистой супесчаной почвы // Агрохимия. – 1992.- №4. – С. 85 – 95.
4. Напрасникова Е.В. Биохимические и микробиологические показатели экологических функций почв // Почвы и повышение их производительной способности / Краснояр. НИИ с.х.. – Новосибирск, 1993. – С. 57 – 60.
5. Русаков Н.В.. Великанов Н.Л., Тонкошей Н.И., Кратов И.А., Кураев В.Н., Лементарева Н.Ф., Воронина Л.А. Эколого-гигиенические основы применения осадков сточных вод в качестве удобрения в лесном хозяйстве (на примере г. Куровское) // Интенсиф. вырашивания лесопосадоч. матер., 1996. – С. 115 – 116.
6. Чеботарев Н.Г., Колесниченко А.В. Опыт использования осадков сточных вод на удобрения в условиях Московской области // Влияние химиз. земледелия на содержание тяжелых металлов в почвах с.-х. угодий и продукции растениеводства. – М., 1988. – С. 110 – 115.
7. Хомяков Д.М. Некоторые проблемы использования ОСВ на удобрения // Земледелие, 1991. – №8. – С. 62 – 65.
8. Aoki M., Ichii H. Sevage sludge use in agriculture and evaluation of composting facilites // Trans.14 th Int. Congr. Soil Sci., Kyoto, Aug., 1990, vol. 4. Commis. 4.- Kyoto, 1990. – S. 210 – 215.
9. Davis R.D. Agricultural utilization of sewage sludge: Areview // J. Inst. Water and Environ. Manag. – 1989. – 3, N 4. – P. 351 – 355.
10. Hooda P.S., Alloway B.J. Sorption of Cd and Pb by selected temperate and semi-arid soils: effects of sludge application and ageing of sludged soils // Water, Air., and Soill Pollut. – 1994. – 74, N 3 – 4. – P. 235 – 250.
11. Webber M.D., Wang C., Topp G.C. Organic contaminants in Canadian agricultural soil // Can. J. Soil Sci. – 1993. – 73, N 4. – P. 656.

УДК 667. 74: 628.54

УТИЛИЗАЦИЯ СМОЛИСТЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ НКМК

МОХНАЧЁВ А.В.

ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»
г. Новокузнецк

Ужесточение экологических требований к процессам производства коксохимических продуктов диктует необходимость поисков решений по утилизации, уничтожению различного рода выбросов и отходов производства, в том числе каменноугольной смолы и фусов.

Смолистые отходы коксохимического производства ОАО «НКМК» в течение всей деятельности (больше 60 лет) вывозились на химотвал, который представляет собой смоляное озеро, расположенное в естественном логу. С течением времени остро встал вопрос об их утилизации.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМОЛЯНЫХ ОТХОДОВ. ИССЛЕДОВАНИЯ СМОЛЯНОГО ОТВАЛА

Характеристики смоляных отходов

Фусы – тяжёлые остатки каменноугольной смолы, содержащие 40 – 50 % угольной и коксовой пыли, выносимой газом из коксовых печей. Они оседают на дно механических отстойников и осветлителей и по физическим свойствам представляют собой тяжёлую вязкую массу.

Полимеры – смесь углеводородов, получаемых при регенерации поглотительного масла. При 80 – 100 ^{o}C – жидкий продукт.

Кислая смолка – остатки конденсации лёгкой смолы из коксового газа и продукты полимеризации непредельных соединений, присутствующих в коксовом газе, под действием серной кислоты и процессе очистки газа от аммиака.

Конгломерат этих соединений, загрязнённых смолами и маслами биохимустановки КХП, а также прочими отходами (отработанные эмульсии, отходы химчистки спецодежды и пр.) и представляет собой смоляное «озеро» о необходимости ликвидации которого из за экологической опасности остро встал в последние 10 – 15 лет.

Исследования смоляного отвала

В 1990 году группой сотрудников Кузнецкого филиала ВУХИН была проделана работа по обследованию и топосъёмке озера отвала.

Отвал расположен в ложбине между естественными возвышенностями. Первоначальная глубина лога была 20 – 25 метров. В процессе заполнения лога отходами КХП происходило спонтанное расслоение продуктов отвала. Твёрдые частицы осаждались на дно, а жидкая органическая часть образовала смоляное озеро. Наружные осадки в виде дождя и снега вымывали из химотходов растворимые компоненты, которые вместе с водой дренировали в почву. В летнее время поверхность прогревается энергией солнца, разжижается до транспортного состояния. Попытка в 1990 году замерить глубину жидкой части озера не увенчалась успехом, так как в среднюю часть озера, для прямого замера штоком, попасть невозможно, а замер с тросов, натянутых над озером бечевой с грузом, не дал удовлетворительного результата из-за замусоренности озера проволокой досками и др., а также вероятным увеличением вязкости масел на глубине 3 – 4 метра. Береговой замер, в 1990 году, глубины озера показал наличие жидкой фазы на расстоянии 3 – 4 метров от берега на глубине 4 – 5 метров. Обследование озера показало, что целесообразно ограничится извлечением жидкой фазы, так как осадок армирован посторонними предметами, его добыча и сортировка будут очень трудоёмкими и, вероятно, малоэффективными. В 1990 году, для определения качества жидкой части продуктов отвала были выбраны 6 точек по периметру озера. Выбор точек обусловлен различными местами выгрузки химпродуктов. Поведённые исследования показали, что в различных точках по периметру отвала продукт неоднороден. Показатели качества изменялись в широких пределах: влага 15,0 – 61,0%, плотность 985 – 1263 кг/м, содержание веществ, нерастворимых в толуоле 1,0 – 11,0 %, хинолине 1,0 – 8,0 %, зольность 0,31 – 6,0 %.

Анализ надсмольной воды выявил, что в различных точках отвала pH изменяется 5,37 – 7,5, то есть реакция от кислой до слабощелочной. Элементный состав также показал неоднородность продукта. Под влиянием различных факторов с течением времени первоначальные физико-химические свойства отходов в отвале претерпели изменения. Снижение содержания веществ нерастворимых в толуоле и хинолине, золы в пробах из отвала, по сравнению с отходами производства, указывает на происходящий в озере отстой от твёрдых частиц.

Плотность продукта в верхнем слое озера ниже, чем в отходах КХП, содержание влаги значительно выше. Изменяется и значение вязкости продукта в зависимости от места отбора проб, они представлены в таблице 1 (диаметр отверстия сита 10 мм).

Таблица 1 – Вязкость продуктов отвала при различных температурах

№ пробы	Вязкость (с) при температуре оС		
	80	60	40
1	108	308	1371
2	18	120	415
3	7	30	412
4	11	12	46
5	4	21	39
6	4	5	7

Из данных таблицы 1 видно, что продукт транспортабелен, может быть перекачен насосом (для сравнения вязкость каменноугольной смолы плотностью 1220 кг/м, составляет 2,5 – 4,2 с)

Была произведена разгонка органической части проб отвала. Результаты разгонки показали, что продукт состоит в основном из тяжёлых масел, данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание фракций в продуктах отвала

Проба	Содержание фракций, %					Остаток
	вода до 105 °С	лёгкая фенольная	нафталиновая	поглотительная	антраценовая	
1	27	-	-	43,6		12,0
3	37	-	-	14,4		-
4	38	0,7	-	9,9	7	-
5	22	2,2	-	14,1	25,1	13,11

Поскольку содержание влаги в продукте отвала высокое, в среднем 34 %, были проведены исследования по его обезвоживанию:

– центрифугирование в течение 15 и 45 минут разогретого до 80 ^{o}С продукта не способствовало выделению влаги;

– при отстое в течение двух суток в термостатическом режиме при 80 ^{o}С отстоявшейся влаги на поверхности пробы не было обнаружено, при этом замечен был хороший отстой от твёрдых включений;

– обработка ультразвуком в течение 90 минут позволила снизить содержание влаги в продукте на 3 – 6 %;

– разгонка на кубовой установке до температуры в дефлегматоре 105 ^{o}C привела к практически полному отгону воды.

Был произведён анализ отогнанной в кубовой установке воды. Он дал следующие результаты: фенолов 385 мг/л, роданидов 18,7 мг/л, аммиака общего 235 мг/л, pH 9,0.

Отвал коксохимпроизводства использовался заводом для приёма жидких кислых продуктов травления металла в цехах ширпотреба комбината, а так же отходов некоторых других цехов, в том числе сбрасываемых самовольно. Поэтому для исследователей представляло интерес исследовать состав золы после сжигания. Результаты спектрального анализа золы отходов отвала представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты спектрального анализа золы отходов отвала

Название металла	Содержание, %	Название металла	Содержание, %
Медь	0,01	Германий	0,002
Свинец	0,01	Ниобий	Отс.
Цинк	0,1	Висмут	0,001
Кобальт	0,0007	Литий	Отс.
Никель	0,01	Иттрий	0,0015
Марганец	0,1	Иттербий	0,0001
Титан	0,3	Стронций	0,02
Цирконий	0,01	Барий	0,1
Серебро	Отс.	Хром	0,2
Сурьма	Отс.	Бериллий	0,0003
Свинец	0,2	Скандий	Отс.
Олово	0,001	Тантал	Отс.
Мышьяк	0,006	Железо	10,0
Молибден	Отс.	Магний	1,0
Ванадий	0,001	Алюминий	5,0
Кремний	10,0	Кальций	7,0

Продолжение таблицы 3

Как видно из результатов анализов, продукты отвала содержат практически все элементы таблицы Менделеева. Данные этих анализов могут содержать полезную информацию для разработок проектов по переработке смоляных отходов КХП ОАО «НКМК».

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОДУКТОВ ОТВАЛА

И СМОЛИСТЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

После проведённых в 1990 году специалистами Кузнецкого филиала ВУХИНа исследований химического отвала КМК, ими был проанализирован и разработан ряд технологических решений по утилизации смолистых отходов коксохимических производств.

Предлагались известные в то время следующие промышленные, опытно-промышленные способы и поисковые решения по использованию каменноугольных отходов:

– непосредственное добавление к шихте на транспортёре в смесь с кислой смолкой сульфатного отделения, маслами биохимустановки, что даёт получение дополнительного количества кокса, смолы, газа;

– использование, как связующего, при брикетировании шихты с кислыми смолками сульфатного отделения и цеха ректификации бензола;

– коксование шихты с добавкой 25 % смеси из каменноугольных фусов, кислой смолки улавливания и ректификации бензола в специально отведённых камерах коксования;

– коксование смолистых отходов из каменноугольных фусов, кислой смолки улавливания и ректификации бензола в кольцевой печи с получением кокса для бытовых целей;

– получение вяжущих материалов для дорожного строительства, в смеси с осадками пека;

– использование для энергетических целей в виде водо-смоляной эмульсии и топливных суспензий;

– как смесь каменноугольной смолы, фусов, кислых смолок для сжигания без образования сажи;

– в качестве топлива в смеси с угольной пылью при производстве чугуна;

– в качестве связующего при брикетировании губчатого железа выполняющего в дальнейшем роль топлива;

– добавление к шихте в качестве отощающей добавки после предварительного смешивания с пылью установки сухого тушения кокса, угольной шихтой, мелкими классами кокса.

Вышеперечисленные методы утилизации каменноугольных отходов были частично внедрены на предприятиях применительно к конкретным условиям. Наиболее широкое применение нашёл способ утилизации фусов путём добавления в шихту на коксование, который включает в себя выгрузку фусов из бункеров мехосветлителей, перевозку их в обогреваемый бункер установки утилизации и последующее дозирование фусов в шихту на транспортёрах подачи в угольные башни.

Основным недостатками данной технологии являются:

– неравномерность распределения фусов по слою проходящей шихты в следствии трудности дозирования продукта такой консистенции в малых количествах;

– накопление отложений в угольной башне приводящее в последствии к залипанию шихты;

– налипание фусов к ленте в дальнейшем приводящее к увеличению просыпи шихты под нижнюю «ветвь» транспортёра, эффективного метода очистки лент от налипания фусов не существует;

– загазованность галерей с открытыми транспортёрными лентами и ухудшение в следствии с этим санитарных условий труда;

Использование каменноугольных фусов в дорожном строительстве ограничено из-за наличия в них канцерогенных веществ.

Основным свойством фусов, препятствующим утилизации их внутри производства является наличие в них смолы, которая определяет их слипаемость, трудность в дозировании, газовыделение на рабочих местах.

По этому представляет интерес разработка технологий обеспечивающих получение из фусов сыпучих, легко дозируемых веществ.

УТИЛИЗАЦИЯ СМОЛОМАСЛЯННЫХ ОТХОДОВ КХП В УСЛОВИЯХ НКМК

В настоящее время на ОАО «НКМК» реализуется разработанный совместно с ООО «ЭКОМАШ» проект по утилизации смоломаслянных отходов коксохимического производства.

Между партнёрами заключён договор на аренду земельного участка с находящимся на нём «смоляным озером» сроком на пятнадцать лет. Так же заключён договор о сотрудничестве сторон в области утилизации отходов промышленного производства, путём проведения комплекса работ по переработке текущих отходов коксохимического производства.

Разработанная ООО «ЭКОМАШ» технология утилизации запасов углеводородов «смоляного озера» предусматривает непрерывное дозирование органической составляющей из «озера» в шихту по рецептам ООО «ЭКОМАШ», согласованным с предприятием и головной организацией. Введение в шихту отходов «смоляного озера» в виде фусов, полимеров и кислой смолки оказывает положительное влияние на повышение насыпной плотности шихты, в результате ее обмасливания. Это способствует увеличению производительности печей, уменьшения количества фусов и зольности каменноугольной

смолы. Продукт переработки «смоляного озера» представляет собой однородную смесь веществ (фусов, кислой смолки, полимеров, масел БХУ и др.) находящихся в химотвале. Однородность смеси, и ее нейтральная среда достигается за счет добавления к ней щелочного эмульгатора разработанного ООО «ЭКОМАШ» и тщательного перемешивания в специальном смесителе. Продукт переработки содержания « смоляного озера» легко перемешивается с исходной шихтой и равномерно распределяется по всему ее объему. В данное время перерабатываться около 2400 тонн отходов в месяц. В течение двух лет со дня ввода в эксплуатацию установки по утилизации уровень «смоляного озера» понизился на один метр.

Конечная цель проекта – полная ликвидация смоляного отвала.

Библиографический список

1. Филоненко Ю.Я., Леута А.М., Мирошник З.А. и др. Утилизация смолистых отходов коксохимических отходов / Кокс и химия, № 1. – 1975. – С. 30 – 41.
2. Школлер М.Б., Туманов А.Н., Гнилоквас О.П. Разработка предложений по рациональной утилизации каменноугольных фусов / Изд-во ВУХИН, Новокузнецк – 1993.
3. Туманов А.Н., Петрова Н.П., Усова Г.И., Сомова Т.С., Прошунин Ю.Е. Отчёт о научно-исследовательской работе: разработка технологии и выдача рекомендаций по утилизации химических отходов отвала КХП КМК. Новокузнецк – 1990.

УДК 669.162:658.567.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ КОКСОВОГО ЦЕХА В АГЛОМЕРАЦИОННО-ИЗВЕСТКОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОАО «ЗСМК»

Одинцов А.А., Долинский В.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Дефицит коксовой мелочи фракции 0-10 мм способствует вовлечению в качестве твёрдого агломерационного топлива других мелкодисперсных отходов коксохимического производства (КХП). Особенно это актуально для металлургических предприятий, имеющих собственные КХП, что минимизирует затраты на транспортировку отходов до аглопроизводства.

Перед непосредственным спеканием агломерационной шихты на конвейерной ленте выделяют три операции подготовки твёрдого топлива:

– усреднение, грохочение, дробление и истирание топлива на специально выделенном для этого производственном участке аглофабрики [1];

– ввод топлива в аглошихту: двухслойная [2] и однослойная [3] загрузка аглошихты, раздельная подача топлива в аглошихту [4 – 5] и т. д.;

– перераспределение топлива в слое аглошихты при её загрузке на спекательные тележки агломашины [6].

В данной работе исследованы качественные характеристики твёрдого топлива для агломерации и возможные пути улучшения технологии усреднения и подачи топлива в условиях агломерационно-известкового производства (АИП) ОАО «ЗСМК».

Технологией подготовки твёрдого топлива к агломерации предусмотрено использование смеси, в состав которой входят отходы коксового цеха:

– коксовая мелочь фракции 0-10 мм – отсев валового кокса КХП ОАО «ЗСМК», используемый для агломерации железных руд и в качестве углеродистого восстановителя в литейном производстве, транспортируется на склад топлива АИП по конвейерам;

– отсев кокса из доменного цеха фракции 0-34 мм – отсев, полученный при грохочении доменного кокса, поступает на склад топлива АИП по конвейерам;

– пыль с установок сухого тушения кокса (УСТК) – коксовая пыль КХП, уловленная при продувке инертными газами с температурой 180-200 ^{0}С разгруженного кокса, транспортируется на склад топлива АИП железнодорожными (ж/д) вагонами в сухом или увлажнённом состояниях;

– шлам с установок мокрого тушения кокса (УМТК) – шлам КХП, образующийся при тушении разгруженного кокса водой, транспортируется на склад топлива АИП ж/д вагонами;

– коксовая пыль – пыль, уловленная на установке беспылевой выдачи кокса батареи № 1 КХП, вывозится на склад топлива АИП при помощи автотранспорта.

Помимо вышеуказанных отходов, на склад топлива АИП в незначительных количествах подаются товарные продукты коксования:

– орешек коксовый фракции 10-25 мм – продукт сортировки валового кокса КХП, используемый в качестве топлива и углеродистого восстановителя в ферросплавном и электродном производстве, цветной

металлургии и др. отраслях промышленности, транспортируется на склад топлива АИП при помощи конвейеров;

– кокс металлургический фракции 25-40 мм – продукт сортировки валового кокса КХП, поступает на склад топлива АИП тем же транспортом, что и коксовый орешек.

Для оценки изменения компонентов топливной смеси за долгосрочный период проанализировано поступление отходов и товарных продуктов коксования на склад топлива АИП с 1991 по 2007 гг. (таблица 1).

Основной составляющей топливной части аглошихты является коксовая мелочь фракции 0-10 мм КХП: среднее её содержание составляет 75,48 %, при колебаниях от 65,14 до 85,60 % (включая отсев кокса из доменного цеха). Следующей, по значимости, составляющей топливной смеси является шлам КХП (шлам УМТК и пыль УСТК). При среднем содержании 10,36 % шлама КХП в топливной смеси колебания составляют от 7,42 до 13,93 % (см. таблицу 1). В небольших количествах присутствуют коксовая пыль, кокс металлургический фракции 25-40 мм и орешек коксовый фракции 10-25 мм КХП; среднее их содержание составляет 5,39, 4,89 и 3,93 % соответственно.

Таблица 1 – Состав топливной части агломерационной шихты, %

Наименование материала	Год																	Среднее знач.	Минимум	Максимум
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007			
Уголь	5,40	4,22	0,88	0,44	4,95	4,08	0,68	-	0,51	1,81	1,31	0,65	0,62	-	-	-	-	1,97	0,00	5,40
Коксовая мелочь фр. 0-10 мм со стороны	0,80	6,84	19,56	8,75	3,69	3,35	0,14	-	-	0,28	5,92	2,49	2,44	-	-	-	-	4,17	0,00	19,56
Кокс металлургический фр. 25-40 мм КХП	1,48	5,09	3,68	8,75	4,65	0,88	8,79	4,94	2,54	4,54	5,57	5,93	6,02	4,09	10,87	2,56	2,81	4,89	0,88	10,87
Орешек коксовый фр. 10-25 мм КХП	3,93	3,20	3,09	3,06	4,29	6,86	12,20	6,26	2,66	4,18	3,47	2,82	2,85	2,08	3,99	0,56	1,39	3,93		
Коксовая мелочь фр. 0-10 мм КХП	79,71	73,23	65,14	71,57	73,93	76,13	69,64	77,58	81,40	75,52	70,90	74,18	74,81	80,17	73,18	85,60	80,47	75,48		
Шлам КХП	8,68	7,42	7,65	7,43	8,49	8,70	8,55	11,22	12,89	13,67	12,83	13,93	13,26	13,66	11,96					
Коксовая пыль КХП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								

Как видно из таблицы 1, содержание некоторых компонентов (уголь, коксовая мелочь фракции 0-10 мм со стороны и товарные продукты коксования КХП) топливной смеси в долгосрочный период варьируется в зависимости от содержания собственной коксовой мелочи фракции 0-10 мм, поступающей на склад топлива АИП. Содержание шлама и коксовой пыли зависит от качества разгружаемого валового кокса КХП.

По гранулометрическому составу коксовая мелочь фракции 0-10 мм, пыль УСТК и шлам УМТК КХП содержат значительное количество кондиционной фракции 0-3 мм, тогда как для отсева кокса из доменного цеха и крупных фракций кокса КХП (10-25 и 25-40 мм) операция дробления на конусной дробилке является технологической необходимостью.

Технический состав топлива довольно различен. Особенно большие различия – по содержанию золы (от 10,2 до 19,9 %). По сравнению с 2003 в 2007 гг. содержание золы увеличилось практически во всех видах топлива (за исключением шлама УМТК КХП), что приводит к дополнительному расходу флюсов для ошлакования доменной шихты и увеличению расхода кокса в ходе доменной плавки.

Важным показателем качества агломерационного топлива является выход летучих веществ, так как с ним связано количество смолистых веществ, образующихся в процессе термического разложения угля. Уменьшение содержания летучих веществ в составляющих твёрдого аглотоплива с 2,00 – 2,68 до 1,20 – 2,30 % за период с 2003 по 2007 гг. компенсируется нестабильным забором в производство шлама УМТК КХП (содержит максимум летучих – 2,30 %) в 2007 г., что приводит к варьированию рабочей теплоты сгорания подготовленного топлива.

По химическому составу золы (в %: Fe – 14,25, Mn – 0,27, P – 0,105, S – 0,76, Fe_2O_3 – 40,7, CaO – 6,48, MgO – 1,7, SiO_2 – 32,2, Al_2O_3 – 14,4, Na_2O – 0,89, K_2O – 1,0, ZnO – 0,031, ппп – 1,37) отсев кокса из доменного цеха содержит повышенное количество железа, что свидетельствует о замусоренности материала окатышами (содержание железа во фракции 5 – 8 мм доходит до 21,0 %), наличие которых в отсеве связано с особенностями сортировки шихтовых материалов в доменном цехе. Увеличение содержания железа в отсеве в 2007 по сравнению с 2003 г. привело к соответствующему снижению количества глинозёма (с 23,0 до 14,4 %) и кремнезёма (с 44,0 до 32,2 %).

Во всех видах топлива с 2003 по 2007 г. произошло повышение содержания щелочных оксидов, особенно в шламе УМТК КХП – с 1,95

до 3,00 %. Также в шламе УМТК произошло существенное увеличение содержания оксида цинка – с 0,025 до 0,080 %.

Таким образом, твёрдоё топливо для агломерации представляет собой многокомпонентную смесь, составляющие которой характеризуются существенным различием по гранулометрическому и техническому составам, а также химическому составу золы. Пыль УСТК, шлам УМТК и коксовая пыль КХП являются наиболее вредными компонентами топливной смеси. Подача вышеуказанных отходов КХП на склад топлива ухудшает усреднение формируемого штабеля топливной смеси, а ввод топлива с использованием данных компонентов в аглошихту приводит к дестабилизации температурно-теплового режима аглопроцесса. Усугубляют ситуацию повышенная влажность шлама УМТК КХП (до 26,5 %) и отсутствие эффективной технологии усреднения компонентов топливной смеси на складе топлива.

Изначально шлам УМТК КХП (рисунок 1), накопленный в отстойниках, отгружался в ж/д вагоны и направлялся на приёмные бункера шламов и окалины (ПБШ и О) АИП, где выгружался через люки вагонов в бункера. Из бункеров шлам системой конвейеров поступал в перегрузочный узел (ПУ) № 11 на поток отсева кокса фракции 0-40 мм КХП, затем разгружался на складе топлива, где складировался и усреднялся совместно с отсевами кокса из КХП и доменного цеха.

В 2005 г. вышеописанная технологическая линия была разобрана и шлам УМТК стали подавать в ж/д вагонах на склад топлива АИП. Выгрузка шлама из ж/д вагонов производится грейферным краном. В связи с тем, что часть территории склада используется для подачи вагонов с шламом, уменьшился объём формируемого штабеля и, соответственно, понизилась усреднённость компонентов топливной смеси.

В 1987 г. была опробована технология [7] подачи шлама КХП через вагоноопрокидыватели внешней приёмки на склад дробильно-сортировочной фабрики АИП и усреднения его на складе совместно с аглорудой. В результате внедрения данной технологии подачи шламов уменьшилось среднеквадратичное отклонение по содержанию железа в агломерате с 1,09 до 1,01, а удельный расход твёрдого топлива снизился на 0,5 кг/т агломерата. Однако повышенная загруженность участка вагоноопрокидывателей и необходимость разогрева влажного шлама в зимний период времени привели к тому, что данная технология в постоянном режиме не используется.

Таким образом, в промышленных масштабах было доказано

преимущество технологии раздельной подачи шлама.

В качестве перспективной технологии ввода топливной смеси в агломерационную шихту предлагается непосредственный ввод коксовой пыли КХП в аглошихту. Данная технология предусматривает поставку коксовой пыли при помощи автотранспорта с участка коксосортировки КХП до ПБШ и О. Как видно из рисунка 1, при данной схеме подачи коксовой пыли маршрут движения автотранспорта сокращается почти в 2 раза. Из ПБШ и О пыль системой конвейеров и ПУ, предназначенной для подачи окалины (П5-1, П14-1 через ПУ № 14, П4-3 через ПУ № 4 и Ш-5), поступает в корпус шихтовых бункеров, где разгружается в специально отведённые бункера для каждой агломашины. Коксовая пыль не содержит влаги, поэтому подача данного материала может осуществляться и в зимний период времени. Для предотвращения выделения пыли на подающих конвейерах устанавливается система орошения водой из брызгал.

Данная технология позволит равномерно подавать коксовую пыль в аглошихту, а, следовательно, несколько стабилизировать температурно-тепловой уровень аглопроцесса. При этом удельный расход твёрдого топлива снизится на 0,5 кг/т агломерата. В свою очередь, снижение удельного расхода твёрдого топлива обеспечит уменьшение выбросов вредных веществ (CO, NO_X и SO_2) в атмосферу. Необходимо отметить, что содержание коксовой пыли в топливной смеси в 2007 г. достигло 7,89 % (см. таблицу 1), поэтому при внедрении раздельной технологии подачи коксовой пыли в аглошихту соответственно уменьшится нагрузка на дробильно-сортировочное оборудование участка подготовки топлива и известняка. В конечном счёте, внедрение вышеописанной технологии позволит оптимизировать гранулометрический состав всей топливной смеси (уменьшить содержание фракции более 3 мм).

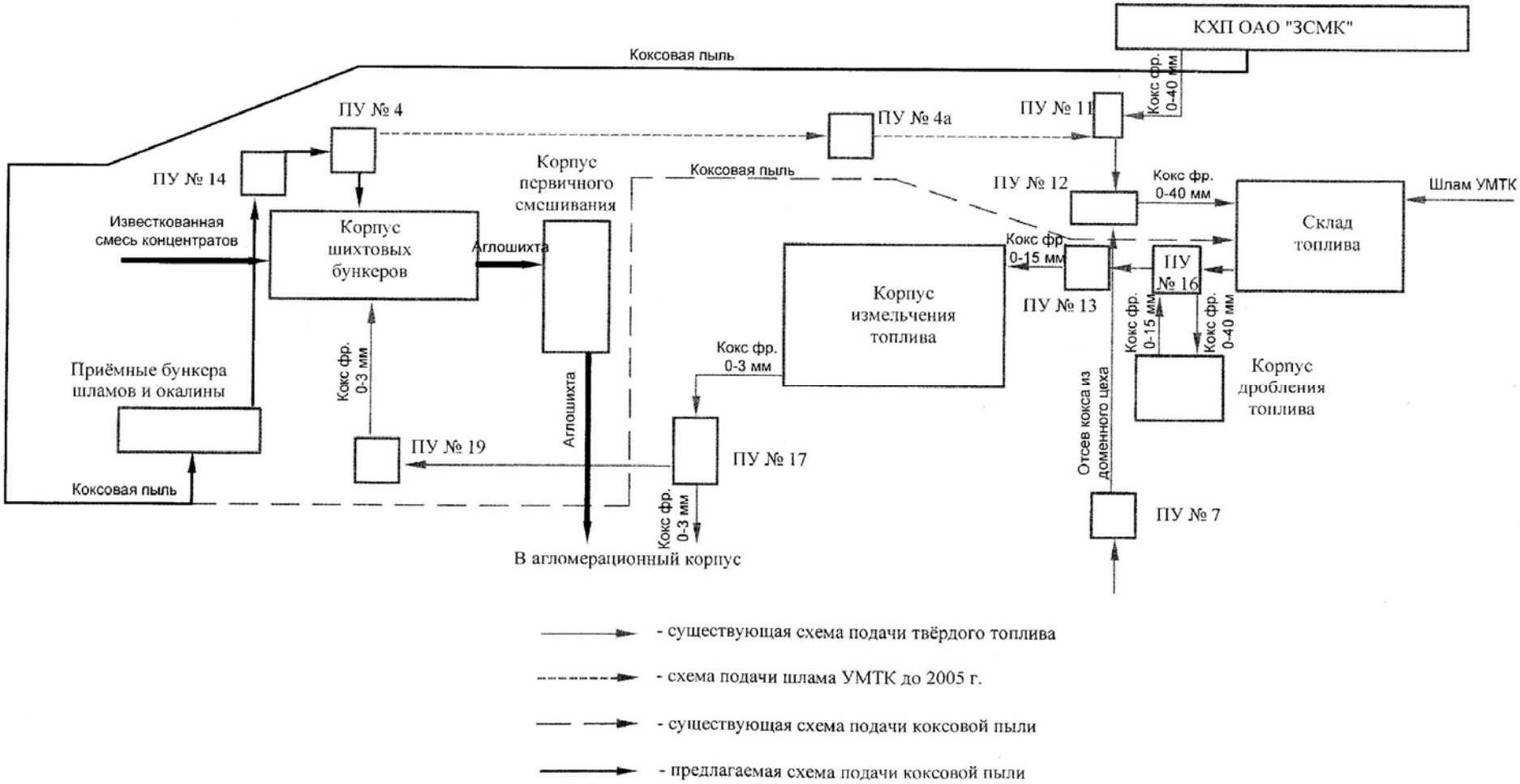


Рисунок 1 – Технологическая схема подачи твёрдого топлива для агломерации

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения раздельной технологии подачи коксовой пыли КХП составит около 6,5 млн. руб.

Выводы:

1. Твёрдоё топливо для агломерации в условиях ОАО «ЗСМК» представляет собой многокомпонентную смесь, составляющие которой характеризуются существенным различием по гранулометрическому и техническому составам, а также химическому составу золы.

2. Основными составляющими топливной части аглошихты являются отходы КХП: коксовая мелочь фракции 0-10 мм, коксовый шлам и коксовая пыль КХП (среднее их содержание составляет 75,48, 10,36 и 5,39 % соответственно).

3. Пыль УСТК, шлам УМТК и коксовая пыль КХП являются наиболее вредными компонентами топливной смеси. Подача вышеуказанных отходов КХП на склад топлива АИП приводит к ухудшению усреднения формируемого штабеля топливной смеси. Для устранения данного недостатка необходимо реконструировать склад топлива с увеличением его полезной площади в 1,5 раза, что создаст условия для более качественного усреднения топливной смеси.

4. Предлагаемая технология подачи коксовой пыли КХП в аглошихту позволит оптимизировать гранулометрический состав всей топливной смеси и несколько стабилизировать температурно-тепловой уровень аглопроцесса.

Библиографический список

1. Базилевич С.В. Агломерация / С.В. Базилевич, Е.Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1967. – 368 с.
2. Вегман Е.Ф. Теория и технология агломерации / Е.Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1974. – 288 с.
3. Усовершенствованная система загрузки шихты на агломашину АКМ-312 / Ю.А. Фролов [и др.] // Чёр. металлургия. – 1987. – № 22. – С. 30 – 33.
4. Накатывание топлива на гранулы агломерационной шихты / Б.И. Колокольцов [и др.] // Металлург. – 1979. – № 1. – С. 9 – 11.
5. Опыт освоения подачи топлива в конце окомкования на Новолипецком металлургическом заводе / Г.В. Коршиков [и др.] // Сталь. – 1981. – № 10. – С. 17 – 20.
6. Коротич В.И. Агломерация рудных материалов / В.И. Коротич, Ю.А. Фролов, Г.Н. Бездежский. – Екатеринбург: Изд. ГОУ ВПО «УГТИ-УПИ», 2003. – 400 с.

7. О влиянии технологии ввода топлива в аглошихту на его расход: отчёт о НИР / ОАО «ЗСМК», 1988. – 41 с.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Долинский В.А.

УДК 658.561.1:669.16

РЕЦИКЛ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АГЛОМЕРАТА И ЧУГУНА

Долинский В.А., Дячок Н.Г., Шарига А.Д., Портнов Л.В., Никитин Л.Д., Бугаев С.Ф., Домнин К.И.

ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат», Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Металлургическое производство характеризуется образованием большого количества техногенных отходов производства, оказывающих негативное влияние на окружающую среду.

На ОАО «ЗСМК» в каждом переделе образуются отходы, связанные как с недостатками технологических схем, так и с особенностями производственных процессов. Значительная часть отходов представлена пылью и шламами газоочистных сооружений, содержащими наряду с оксидами железа, магния, кальция, марганца ряд вредных примесей, в частности оксиды цинка, свинца, щелочные соединения и др.

Большинство отходов (по содержанию полезных компонентов) конкурентоспособны с первичным сырьем и могут быть использованы в металлургических процессах.

Одним из целевых показателей системы экологического менеджмента, действующего на комбинате, является сокращение количества отходов, направляемых на захоронение, за счет их рециклинга. Эколого-экономическая эффективность планируемых мероприятий заключается в сокращении ущерба окружающей среде, в частности, за счет увеличения срока службы полигона ОАО «ЗСМК» и уменьшения расхода природных материалов в технологических процессах.

В настоящее время большинство технологически целесообразных отходов (таблица 1) утилизируется в агломерационном цехе аглоизвесткового производства (АИП) при производстве офлюсованного доменного агломерата. Не вовлеченными в переработку

остаются шламы доменного и сталеплавильного производств в виду повышенного содержания в них цинка и высокой влажности, а также отсутствия соответствующих технологий. Их объём составляет около 100 – 110 тыс. т, при ежемесячном выходе – 6 – 9 тыс. т (потери железа ~ 2 – 4 тыс. т).

Базовая плата за размещение 1 т отходов 4-го класса опасности составляет 248,4 руб./год. С учетом повышающих коэффициентов, учитывающих экологические факторы и инфляцию, плата за размещение 1 т отходов 4-го класса опасности составляет 387,50 руб./год. Платежи комбината за размещение шламов оцениваются около 40 млн. руб./год.

Целью данной работы явилась разработка и внедрение технологии утилизации техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна.

Исходные шламы характеризуются повышенным содержанием железа (50,31 – 54,75 %), марганца (1,74 – 2,18 %), углерода (1,67 – 6,99 %) и имеют высокую естественную основность (по CaO/SiO_2 – 2,2 – 3,0), что характеризует их с положительной стороны. К отрицательным факторам относятся повышенное содержание вредных примесей - оксида цинка (до 0,25 %), фосфора (до 0,22 %), свинца (0,051 %), невозможность транспортировки ни одним видом транспорта, кроме трубопроводного, ввиду высокого содержания влаги до (28 %) и значительный размах колебаний содержания элементов. Гранулометрический состав шламов на 92 % представлен классом 0-1 мм.

Подготовка шламов (известкование) производится непосредственно на месте выделения. Технология известкования заключается в смешивании с известью до сыпучего состояния. Из-за несовершенства оборудования данная технология не позволяет получить стабильный по химическому составу и влажности известкованный продукт. После известкования в продукте снижается содержание класса 0-1 мм до 87 %, железа до 43 – 48 %, увеличивается содержание оксида кальция и основности смеси (до 5,5 – 10,0). Конечная влажность шламо-известковой смеси составляет 18 – 22 % (при норме 9 – 10 %), что не позволяет использовать её даже в летний период по традиционной технологии в АИП.

С целью увеличения количества техногенных отходов в процессе агломерации разработаны и внедрены новые технологии производства агломерата специальных видов (железофлюса и промывочного агломерата).

Железофлюс предназначен для использования в сталеплавильном

производстве в качестве интенсификатора шлакообразования, а промывочный агломерат – для улучшения дренажа продуктов плавки в горне доменной печи.

Несмотря на высокие металлургические свойства и низкую себестоимость этих агломератов, в реализации данные технологии достаточно сложны и требуют более тщательной подготовки производства, больших временных затрат по сравнению с существующей технологией производства доменного агломерата.

Промышленные испытания показали, что железофлюс является мощным интенсификатором шлакообразования, позволяет при его расходе 5 – 6 кг/т стали сформировать активный шлак, обладающий повышенной рафинирующей способностью. Однако его ввод в конвертер при низком расходе чугуна (780 – 790 кг/т стали) сопровождается значительным охлаждающим эффектом, поэтому использование железофлюса рекомендовано в количестве, не превышающем 3 кг/т при повышенном расходе чугуна (более 820 – 830 кг/т стали).

Промышленные доменные плавки с использованием промывочного агломерата свидетельствуют об улучшении работы горна доменных печей, увеличении производительности на 1,2 – 3,3 %, снижении удельного расхода кокса на 0,1 – 0,9 % и выноса колошниковой пыли на 0,3 – 0,5 кг/т чугуна.

Количество отходов, используемых при производстве офлюсованного доменного агломерата, определяется установленной цинковой нагрузкой и содержанием железа в агломерате. Ввод отходов осуществляется за счёт частичного или полного замещения рудной смеси в агломерационной шихте. Следует отметить, что в зависимости от расхода, отходы вносят 7 – 15 % цинка от общего его прихода в процесс агломерации.

Всего в 2007 г. при производстве агломерата было утилизировано около 80 тыс. т техногенных отходов, что позволило уменьшить экологическую нагрузку и себестоимость агломерата за счёт частичной замены природного сырья – обогащенных концентратов, полученных из железной руды.

Дальнейшая переработка агломерата, полученного с участием техногенных отходов, производится в доменной печи.

Наличие в доменной печи высокотемпературной окислительной зоны при восстановительном потенциале в большей части объема делает её весьма приспособленной для утилизации или уничтожения различных отходов, переработка которых другими способами или весьма энергозатратна, или опасна для окружающей среды.

Непосредственно в доменной печи утилизируются: сухая окалина, спеки сварочного шлака с окатышами из нагревательных колодцев прокатного производства, шлак ферросплавного производства, отходы алюминиевого производства (ОПА) и малотоннажные отходы собственного производства, идущие ранее на захоронение.

В доменной плавке используются специально подготовленные в виде кускового агломерата или брикетов отходы (привозные и собственного производства). Особенностью этих специально приготовленных отходов является повышенное содержание железа (до 67 %) и монооксида железа (20 – 40 %). Материал готовится партиями по 600 – 1000 т и направляется в доменные печи по мере необходимости. Использование этого материала в количестве 2,5 – 5 % от общего расхода рудной части шихты улучшает газодинамический режим доменной плавки, ровность хода доменной печи, что в свою очередь позволяет увеличить производительность доменной печи на 2,0 – 2,2% и сократить расход кокса на 0,7 – 1,0 %.

Отход производства ферросилиция (ОПФ) – шлак, представляющий собой смесь силикатов, корольков сплава и карбида кремния, сначала дробится, затем подается в виде кусков размером 20 – 100 мм с расходом 5,6 кг/т чугуна. За счет подачи шлака повышается активность химических и тепловых процессов в центральной зоне горна, что улучшает дренажную способность горна доменной печи, ровность схода шихты, увеличивает производительность печи при снижении удельного расхода кокса до 3 кг/т чугуна и улучшает качество выплавляемого чугуна.

Отход производства алюминия (ОПА) – остатки углеродистой футеровки, представляющей собой графитовую основу, пропитанную расплавленным электролитом, дробится, сортируется до размеров 10 – 100 мм и подается в шихту с расходом до 25 кг/т чугуна (в среднем 11,3 кг/т). ОПА характеризуются высоким содержанием углерода (до 45 %), фтора и алюминия (до 15 %). Эти отходы обладают повышенной механической прочностью (3000-13000 н/см^2) и достаточной реакционной способностью (0,2 – 0,5 мл/г·с). Добавка ОПА улучшает физико-химические свойства (снижает вязкость шлака), увеличивает производительность доменной печи на 0,15 – 0,20 % и снижает расход кокса на 0,4 – 0,5 %.

В настоящее время на ОАО «ЗСМК» утилизируется более 95 % образующихся отходов, остальные, по ряду причин (малотоннажность, замусоренность посторонними включениями и т.п.), пока не нашли применения и направляются на захоронение. Такими отходами является, например, кусковая окалина, образующаяся при резке металла

на газо – (ГРМ) и плазморезательных (ПРМ) машинах цеха металлоконструкций (ЦМК), а также при нагреве и ковке металлоизделий в кузнечнопрессовом цехе (КПЦ). Другим полезным техногенным отходом (направляемым на захоронение) является также шлак, образующийся на сталелитейном участке в литейном цехе комбината.

На комбинате проведено комплексное исследование кусковых малотоннажных отходов некоторых его подразделений. Были изучены и выбраны техногенные отходы, близкие по гранулометрическому и химическому составу к применяемым в доменной плавке материалам. Отходы отличались повышенным содержанием железа (до 70 %) в виде монооксида железа (до 57 %) и низким (не более 0,1 %) содержанием вредных примесей, хорошей восстановимостью (около 50 %) и основностью по CaO/SiO_2 0,2 – 0,4 ед., крупностью 5-100 мм.

Химический и гранулометрический составы техногенных отходов, используемых в доменной плавке, приведены в таблицах 2,3.

На основании полученных характеристик была предложена технология использования техногенных отходов с повышенным содержанием монооксида железа при выплавке чугуна в доменной печи.

Следует отметить, что ухудшение качества кокса приводит к нарушениям ровности хода доменной печи. При работе доменной печи на коксе низкого качества в глубине зоны циркуляции перед фурмами накапливаются коксовая мелочь и тугоплавкий шлак, состоящий главным образом из глинозема и кремнезема (преимущественно компоненты золы кокса), образуя плотную оболочку, препятствующую движению газа в центральную часть печи. Это приводит к снижению температуры в горне и способствует накоплению коксовой мелочи в нем, ухудшению газопроницаемости шихты по высоте печи и становится причиной смещения потока капельножидких продуктов плавки к периферии. В этом случае работа центральной зоны печи ухудшается, объём горна уменьшается и усиливается периферийный газовый поток. При попытках повышения степени подгруженности периферийной зоны происходят обрывы и подстои шихты на ходу и продувы газов в отдельных частях слоя материалов, вследствие чего в район воздушных фурм поступает значительная масса недостаточно подготовленных материалов. Плавление и восстановление их ниже оси воздушных фурм сопровождается охлаждением горна, загустеванием шлака (особенно шлака повышенной основности), что приводит к прогарам элементов воздушных приборов.

Для улучшения работы горна и повышения газопроницаемости

нижней части доменной печи применили подачу кусковых техногенных отходов в количестве 0,3 – 2,5 % от общего расхода железорудной части шихты.

Перед загрузкой в доменную печь определяли химический состав отходов, отсевали из них фракции менее 5 мм и более 100 мм.

В скип отходы набирали под кокс (в определенном соотношении) и загружали роторным распределителем шихты в центральную зону доменной печи. Выгрузку осуществляли на радиус 4-0 при укладке шихты по девяти кольцевым зонам.

Следует отметить, что практический опыт эксплуатации роторного загрузочного устройства (РЗУ) свидетельствует о возможности получения различных режимов распределения газового потока при перераспределении рудной нагрузки в кольцевых газодинамических зонах колошника. Возможна загрузка шихтовых материалов в любую заданную кольцевую зону колошника, как по общей массе, так и по отдельным компонентам при постоянном максимальном уровне засыпи. Загрузка шихтовых материалов ведется по девяти радиусам в зависимости от скорости вращения ротора, предусмотрена также и подача материалов непосредственно в центральную зону колошника доменной печи. Распределение объемов шихтовых материалов за цикл обеспечивает, с учетом распределения скоростей схода и физико-механических свойств шихты, формирование заданной структуры столба шихты, необходимого газодинамического и шлакового режимов доменной плавки.

Проведенные промышленные исследования на доменной печи, оборудованной РЗУ, свидетельствуют об улучшении основных технико-экономических показателей доменной плавки, за счет повышения ровности хода.

Загрузка кусковых техногенных отходов крупностью (5 – 100 мм), повышенной механической прочности (800 – 1300 кг/см^2) и содержанием монооксида железа около 45 – 55 % в центральную зону печи позволила улучшить газодинамический режим процесса доменной плавки (снизить газодинамическую напряженность низа печи) и работу горна. Об этом свидетельствуют снижение нижнего частного перепада давления газа с 1,2 – 1,1 до 0,95 – 0,9 атм., улучшение ровности схода шихты и выполнение графика выпусков продуктов плавки, равномерность их отработки.

Лабораторными и промышленными исследованиями установлено, что целостность кусков техногенных отходов, согласно их характеристике, сохраняется вплоть до зоны шлакообразования и исполняет роль разрыхлителя столба шихтовых материалов. Большая

степень усвоения отходов объясняется более высокой температурой их плавления (1420 – 1500 ^{o}C). При опускании шихтовых материалов до зоны плавления техногенные отходы еще пребывают в твердом или вязком состоянии. В зоне с температурой 1500 ^{o}C и выше отходы расплавляются, и железо из них переходит непосредственно в чугун. Освобождающийся кислород техногенных отходов выжигает несгоревшую коксовую мелочь и тем самым ослабляет способность коксовой насадки к удерживанию здесь шлака и золы. При этом обеспечивается достаточно эффективное сжигание образующегося в процессе плавки «коксового мусора» в центре печи, повышение активности химических и тепловых процессов в горне, уменьшение объёма плавающего столба кокса в горне, нарушение его напряженного состояния и структуры.

При использовании техногенных отходов указанного количества, химического и гранулометрического состава фактическая производительность доменной печи увеличивалась на 0,1 – 1,2 %, а удельный расход кокса уменьшился на 0,03 – 0,5 %.

Внедрение предложенной технологии переработки техногенных отходов позволило только за последние два года утилизировать около 770 тыс. т техногенных отходов, сократить поставку углей и концентратов на производство кокса около 40 тыс. т и железосодержащего сырья около 26 тыс. т, улучшить экологию окружающей среды.

Экологическая эффективность технологии определяется сокращением техногенных отходов, направляемых на захоронение (до 390 тыс. т/год), снижением количества вредных веществ, образующихся и выбрасывающихся в атмосферу при производстве агломерата и чугуна, сокращением количества диоксида углерода и расхода кокса при производстве чугуна на 75 тыс. т/год.

При производстве передельного чугуна в количестве около 6 млн. т/год экономическая эффективность утилизации техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна составляет около 150 млн. руб./год. Технология использования техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна применима и на других металлургических предприятиях России, не требует капитальных затрат и обеспечивает получение агломерата и передельного чугуна с низкой себестоимостью. Данный способ утилизации соответствует современным, принятым в мировой практике приемам оздоровления окружающей среды, рекомендуется для решения проблем использования техногенных отходов на металлургических предприятиях.

Таблица 1 – Химический состав техногенных отходов, используемых при производстве агломерата, %

Компонент	Fe	Mn	P	S	FeO	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Na2O	K2O	ZnO	ППП
Окалина	65,0-73,4	0,35-0,45	0,035-0,045	0,01-0,04	59,0-75,4	1,50-2,00	0,35-0,48	0,62-0,92	1,00-1,55	0,07-0,10	0,02-0,06	0,01-0,03	0,10-0,90
Промасленная окалина	40,0-53,0	0,35-0,58	0,05-0,12	0,01-0,06	35,0-45,0	0,50-1,70	0,20-0,50	10,00-30,00	0,50-1,43	0,02-0,04	0,01-0,02	0,01-0,03	12,0-18,0
«Шлам с поля»	35,4-63,3	0,30-0,40	0,02-0,05	0,20-1,50	10,0-15,0	2,07-16,02	1,00-4,00	3,55-26,11	0,80-2,50	0,10-0,23	0,04-0,13	0,02-0,09	11,00-18,50
Колошниковая пыль	28,9-44,6	0,10-0,30	0,03-0,07	0,11-0,30	8,70-13,1	5,81-7,18	1,62-2,65	4,15-5,95	1,08-1,90	0,13-0,24	0,17-0,51	0,16-0,41	11,47-42,19
Оксид железа (III)	69,2-69,4	0,3-0,4	сл.	сл.	1,3-1,5	0,11-0,20	0,06-0,07	0,030-0,033	0,006-0,009	0,04-0,05	0,01-0,03	-	-
Шлам ЦГТС	30,0-45,0	0,30-0,55	0,04-0,10	0,07-0,20	17,5-33,5	9,10-14,00	3,10-4,50	4,00-6,00	0,50-1,90	0,10-0,20	0,17-0,25	0,08-0,16	13,00-16,00
Трифолин	61,7-62,5	0,35-0,50	0,05-0,15	0,10-0,15	15,0-20,0	3,80-4,28	0,35-1,25	0,80-1,20	0,10-0,50	0,05-0,12	0,02-0,05	0,01-0,03	4,90-5,80

Таблица 2 – Химический состав техногенных отходов при производстве чугуна

Материал	Химический состав, %								
	$Fe_{общ}$	FeO	SiO_2	Al_2O_3	Mn	MgO	CaO	S	P
Окалина	65,2	59,3	1,75	0,46	0,63	1,12	0,73	0,03	0,046
Сварочная смесь	64,2	58,6	1,23	0,86	0,57	1,21	1,12	0,02	0,03
ОПА	2,3	2,1	0,26	17,8	0,03	0,76	0,83	0,11	0,10
ОПФ	39,6	38,9	24,6	10,2	0,45	1,62	8,3	0,03	0,05
Окалина ГРМ ЦМК	65,6	56,2	1,76	0,56	0,89	2,12	1,77	0,021	0,011
Окалина ПРМ КПЦ	65,8	53,8	1,58	0,39	0,72	2,98	1,65	0,012	0,013
Окалина КПЦ	60,3	45,7	2,16	2,52	0,86	2,78	2,32	0,04	0,03
Шлак ЛЦ	57,6	45,1	2,98	3,12	2,44	4,12	3,96	0,05	0,05

Таблица 3 – Гранулометрический состав техногенных отходов

Материал	Гранулометрический состав, мм, %						
	0-5	5-10	10-25	25-40	40-60	60-100	>100
Окалина	87,2	6,6	6,2	-	-	-	-
Сварочная смесь	3,2	6,1	17,9	26,5	20,1	16,1	10,1
ОПА	8,9	1,8	24,1	32,6	25,4	2,1	5,1
ОПФ	4,2	15,1	25,6	28,7	14,1	12,3	
Окалина ГРМ ЦМК	7,8	12,1	14,1	9,6	11,2	36,5	8,7
Окалина ПРМ КПЦ	6,5	10,3	30,6	23,9	19,2	9,5	-
Окалина КПЦ	4,2	16,5	32,8	40,1	4,6	1,8	-
Шлак ЛЦ	5,2	10,6	12,1	12,2	46,8	12,1	1,0

УДК 669.187.2 + 669.168.054.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИЦИЯ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СТАЛИ В ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ЦЕХЕ ОАО «НКМК»

Годик Л.А., Козырев Н.А., Кузнецов Е.П., Шабанов П.А., Тяпкин Е.С., Зайцев И.А.

ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»
г. Новокузнецк

В настоящее время одной из важнейших экологических задач является утилизация образующихся промышленных отходов.

Металлургия – одна из отраслей промышленности, потребляющая огромное количество материалов, по массе своей значительно превышающих массу готового продукта, а, следовательно, производящая большое количество отходов. В числе отходов металлургического производства особое место занимают шлаки. Количество образующихся шлаков весьма велико. Металлургические шлаки содержат ряд компонентов, которые могут быть эффективно использованы. Поэтому шлакопереработка и утилизация металлургических шлаков получила в цивилизованном мире широкое распространение и сегодня на большинстве металлургических заводов разработаны и используются соответствующие технологии.

На ОАО «НКМК» нашли применение шлаку производства ферросилиция. При производстве ферросилиция на 1 т продукта образуется 50 – 60 кг шлака, который содержит важные для металлургов компоненты такие как: кремний, карбид кремния, оксиды кремния, кальция и алюминия, а также имеет низкое содержание вредных примесей фосфора и серы.

Специалистами нашего предприятия была разработана и внедрена технология использования шлака производства ферросилиция при выплавке стали в электросталеплвильном цехе.

До внедрения этой технологии для раскисления и легирования стали кремнием, при выпуске из печи, использовался кусковой ферросилиций ФС65. Кроме того, для наведения рафинирующего шлака, в ковш, вместе с известью, присаживался плавиковый шпат или кварцит. Такая технология была довольно затратная из-за высокой стоимости ферросилиция и плавикового шпата и неудобная с организационной точки зрения т.к. требовала подготовки и присадки в ковш на выпуске нескольких материалов.

По новой технологии во время выпуска металла из печи, в ковш задаётся шлак производства ферросилиция взамен кускового ферросилиция, плавикового шпата и кварцита. Этот материал благодаря своему химсоставу обладает раскисляющими, легирующими и шлакообразующими свойствами и значительно дешевле ферросилиция.

При отработке технологии использовался шлак ОАО «Кузнецкие ферросплавы» и шлак ООО «Братский завод ферросплавов». Примерный химсостав, используемых шлаков приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав, % масс.:

Si (общий)	C	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe	P	S
						не более	
45,0 – 55,0	5 – 7	6 – 10	1 – 2	10 – 17	15 – 20	0,02	0,03

Перед использованием материал подвергался дроблению и сушке в УПП. потери материала при подготовке составили 2,3 %.

Опыты проводили при выплавке сталей обыкновенного качества, в основном на марках ст3сп-ст5сп. Шлак задавался в ковш на выпуске в количестве 300 – 400 кг взамен ферросилиция ФС65, плавикового шпата и кварцита. Проблем с доставкой, загрузкой в бункера ЭСПЦ и задачей в ковши не возникало.

Для оценки технико-экономической эффективности использования шлака ферросилиция был сделан сравнительный анализ технологических параметров плавок стали 3сп, выплавленных по опытной и обычной технологии.

Сравнение технологических параметров показало, что содержание металлического кремния и кремния в соединении с углеродом в этом шлаке довольно высокое, что повышает эффективность процессов раскисления и легирования, существенно снимает окисленность металла и шлака и позволяет меньше расходовать ферросплавов на АКП. Рафинирующий шлак, наведённый в ковше по этой технологии, не уступает по десульфурирующей способности шлаку, наведённому по обычной технологии с использованием дорогого плавикового шпата.

Таким образом, использование шлака производства ферросилиция позволило снизить затраты на легирование стали кремнием и марганцем, на шлакообразование и дало экономию в размере 20,5 руб./т.

Кроме того, использование шлака производства ферросилиция позволило улучшить организацию производства в цехе благодаря уменьшению количества материалов, задаваемых в ковш.

В настоящее время на ОАО «НКМК» разрабатывается технология использования шлака производства ферросилиция при выплавке рельсовой стали.

УДК

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА РАЙОННЫХ МУСОРОСОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ (МСС) В НОВОКУЗНЕЦКЕ

ПАНОВ Б. П.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Ежегодно на городскую свалку в Центральном районе г Новокузнецка двумя организациями («Домосеть» – 28 мусоровозов, «Спецтранс» – 5 мусоровозов) вывозится от жилого сектора, предприятий и организаций города около 1 млн. $м^3$ ТБО и нетоксичных промотходов.

В настоящее время в районе с. Кругленькое компанией «ЭкоЛэнд» по проекту института «Сантехпроект» ведется строительство нового городского полигона бытовых и промышленных отходов, а также мусороперерабатывающего завода с предварительной сортировкой мусора.

Утвержденная сметная стоимость полигона в текущих ценах составит 450,0 млн. рублей, в том числе: участок складирования ТБО – 90,0 млн. рублей; административно-хозяйственная зона – 240,0 млн. рублей; мусороперерабатывающий завод – 120,0 млн. рублей.

Хотя полигон размещен в «географическом центре города», но к нему нет дорог, ЛЭП. На все это потребуются значительные затраты бюджета. По проекту к полигону потребуется подвести с трех направлений 17,5 км автодорог. Сметная стоимость 1 км автодороги составляет в текущих ценах примерно 60 млн. рублей. Общая сметная стоимость дорог – 1050 млн. рублей.

Сметная стоимость ЛЭП в текущих ценах составит 26,5 млн. рублей.

Учитывая удаленность полигона и отсутствие дорог,

связывающих полигон с районами города, возрастут эксплуатационные затраты на вывозку мусора за счет снижения оборачиваемости мусоровозов и вынужденного увеличения парка мусоровозов.

Эксплуатационные затраты в текущих ценах на один мусоровоз составляют сегодня примерно 1,2 млн. рублей/год.

Всего за год эксплуатационные затраты на вывозку мусора на существующую свалку в Центральном районе составляют 39,6 млн. рублей / год

Для обеспечения нормативных сроков вывозки мусора из микрорайонов города потребуется при закрытии старой городской свалки увеличить существующий парк мусоровозов на 10 мусоровозов.

Приобретение новых мусоровозов оценивается в 15,7 млн. рублей

Всего за год эксплуатационные затраты на вывозку мусора на новый полигон составят 51,6 млн. рублей / год

Сократить затраты на строительство и эксплуатацию полигона можно было бы, разместив в промышленных зонах города три мусоросортировочные станции: одну МСС для Центрального и Куйбышевского районов – в Центральном промрайоне; вторую МСС для Кузнецкого и Орджоникидзевского районов – в Старокузнецком промрайоне; третью МСС для Заводского и Новоильинского районов – в промзоне ОАО «ЗСМК».

Неподлежащие утилизации отходы можно было бы перевозить от МСС на полигон для обезвреживания на высвобождающихся мусоровозах.

Размещение МСС в пустующих корпусах предприятий промзон города сократило бы капвложения на строительство полигона.

Строительство трех МСС оценивается в 200,0 млн. рублей.

Снижение эксплуатационных затрат ожидалось бы за счет увеличения оборачиваемости существующего парка мусоровозов и уменьшения их количества на 10 мусоровозов.

Всего за год эксплуатационные затраты на вывозку мусора на МСС составят 27,6 млн. рублей/год.

Для вывозки с МСС неутилизируемых отходов можно использовать высвободившиеся мусоровозы. Эксплуатационные затраты на вывозку мусора с МСС на новый полигон составят 6 млн. рублей/год.

Экологический эффект – снижение выбросов в атмосферу вредных веществ с выхлопными газами был бы получен за счет сокращения существующего парка мусоровозов, пробега мусоровозов по городу и, следовательно, расхода топлива.

Так как утилизации подлежат не менее 50 % вывозимых на

полигон отходов, ежегодно с территории нового городского полигона на перерабатывающие предприятия в Сибирском округе потребуется вывозить почти 500 тыс. $м^3$ или 100 тыс. тонн отходов.

Для вывозки такого количества отходов потребуется подвести к новому полигону ж/д ветку с прирельсовым складом утильных составляющих отходов (макулатура, картон, пластик, металлолом, стекло и др.).

Строительство 1 км ж/д ветки составляет в текущих ценах 17 млн. рублей

Для строительства 10 км ж/д ветки и прирельсового склада отсортированных утильных отходов потребуется 200,0 млн. рублей.

Размещение МСС в разных районах города позволило бы минимизировать расходы на вывозку утильной составляющей отходов за счет использования существующих в промзонах ж/д сети и транспорта перерабатывающих предприятий.

По предварительным расчетам строительство нового полигона по проекту института «Сантехпроект» с учетом строительства ж/д тупика к полигону составит 1742,2 млн. рублей.

Эксплуатационные затраты при этом оцениваются в 51,6 млн. рублей/год.

При строительстве районных МСС, а на территории полигона только участка складирования с административно-хозяйственной зоной без мусороперерабатывающего завода капвложения составили бы 1606,5 млн. рублей.

Эксплуатационные затраты при этом варианте оцениваются в 33,6 млн. рублей/год.

Таким образом, строительство районных МСС, а на территории полигона только участка складирования с административно-хозяйственной зоной без мусороперерабатывающего завода позволило бы сократить капвложения на 135,7 млн. рублей, а эксплуатационные затраты сократились бы на 18 млн. рублей/год.

Рассредоточение МСС в районах города позволило бы привлечь большее количество предпринимателей, готовых принять участие своими капиталами в проектировании, строительстве и эксплуатации МСС, что также сократило бы бюджетные расходы.

Снизить затраты на строительство полигона можно было бы еще за счет изменения местоположения полигона, разместив участок складирования неутилизируемых отходов и хоззону на горе за Кузнецким металлургическим комбинатом.

При этом затраты на строительство полигона и МСС составили бы всего 530 млн. рублей.

УДК 669.168

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МАРГАНЦА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

НОХРИНА О.И., ПРОШУНИН И.Е., РОЖИХИНА И.Д.

Сибирский государственный индустриальный университет,
ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»
г. Новокузнецк

Важнейшей задачей металлургии является уменьшение вредного воздействия отходов металлургического производства на окружающую среду. С этой целью необходимо разрабатывать и внедрять в производство технологические процессы, обеспечивающие уменьшение отходов и их утилизацию.

Ферросплавное производство – крупный источник отходов: отвальных шлаков и пылегазовах выделений. Так при производстве марганцевых сплавов кратность шлака колеблется от 0,8 до 2,0 – 2,5. В отвальных шлаках содержится от 10 до 20 % марганца.

Наибольшее количество пылегазовых выделений приходится на углеродотермические процессы. Образующиеся колошниковые газы содержат 70 – 90 % оксида углерода и большое количество мелкодисперсной пыли. Так при производстве 1 т силикомарганца или ферромарганца выход газа составляет 900 – 1000 м^3 с содержанием в нем пыли 20 – 30 г/м^3, 30 – 33 % в которой приходится на MnO.

Задачей данного исследования является изучение возможности извлечения ценного компонента марганца из отходов производства.

Для изучения возможности растворения марганца из отходов производства были использованы материалы, состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав марганецсодержащих материалов

Наименование	Химический состав, масс. %						
	MnO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5
Шлам мокрой газоочистки	32,7	3,9	28,6	3,4	2,8	1,13	0,60
Шлак металлического марганца	-	-	30,00	5,00	48,00	5,00	-

Результаты, полученные в ходе изучения растворения оксидов и солей марганца в различных хлоридах в присутствии восстановителя и добавок раствора хлорида железа, легли в основу разработки новых, более эффективных способов переработки некоторых отходов

производства.

Результаты обработки шлама газоочистки и отвального шлака приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Как видно из таблицы 2, используя автоклавную обработку насыщенным раствором хлористого кальция с добавками $FeCl_2$ можно извлекать на 72 – 86 % марганец из отвального шлака и шламов газоочистки.

Таблица 2 – Результаты обработки агломерата и отвального шлака

Наименование материала	Растворитель	Условия опыта				Извлечение Mn, %
		Концентрация		Температура, °C	Время, час	
		растворителя, масс.%	примесей			
Шлам мокрой газоочистки	$CaCl_2$	41,7	2,6 % $FeCl_2$	220	2	65,3
	$CaCl_2$	40,9	4,8 % $FeCl_2$	220	2	72,0
Шлак металлического марганца	$CaCl_2$	41,7	2,6 % $FeCl_2$	220	2	62,9
	$CaCl_2$	40,9	4,8 % $FeCl_2$	220	2	86,3

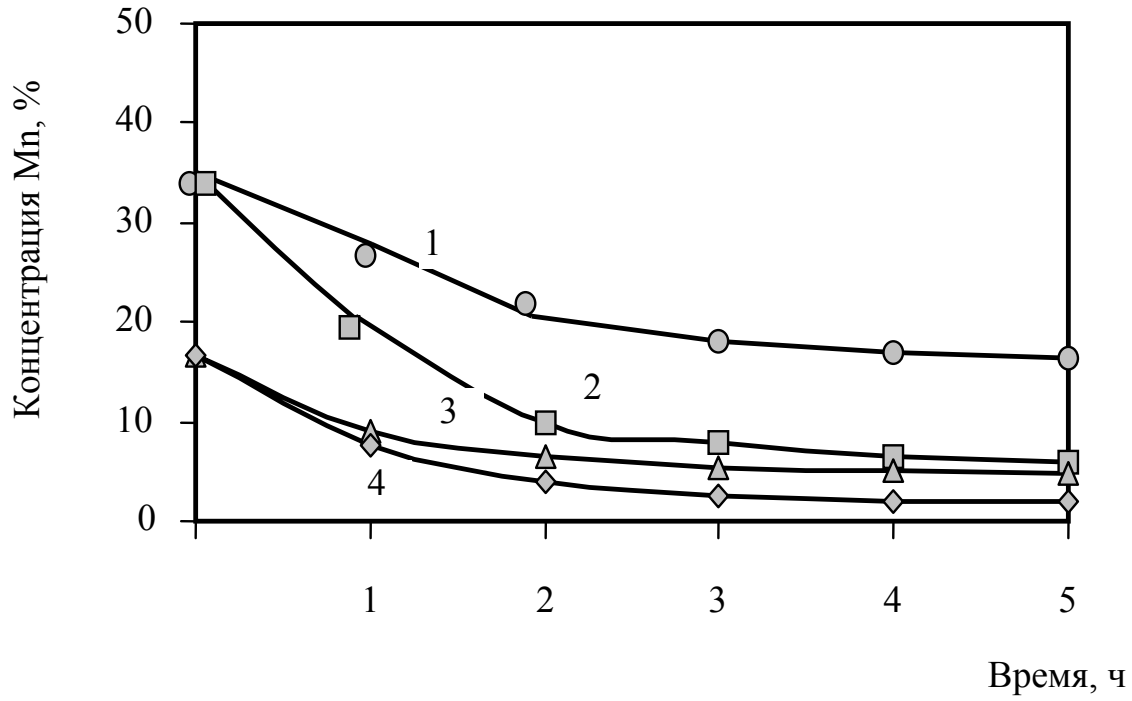


Рисунок 1 – Влияние длительности выщелачивания на содержание марганца в хвостах при обработке шламов (1, 2) и отвального шлака (3,

4)
силикотермического производства растворами, содержащими 41,7 % $CaCl_2$ и 2,6 % $FeCl_2$ (кривые 1 и 3); 40,9 % $CaCl_2$ и 4,8 % $FeCl_2$ (кривые 2 и 4)

Полученные результаты легли в основу разработки эффективной технологии переработки отходов силикотермического производства металлического марганца и шламов мокрой газоочистки ферросплавных печей, выплавляющих марганцевые сплавы.

При обработке порошка, шлака или пыли хлористым кальцием с добавками $FeCl_2$ основная часть марганца реагирует по реакциям (1) и (2)

$$2FeCl_2 + MnO_2 + CaCO_3 + 3H_2O = MnCl_2 + CaCl_2 + Fe(OH)_3 + CO_2. \quad (1)$$

Благодаря образованию по реакции (1) углекислого газа развивается также реакция растворения двухвалентного марганца по реакции

$$MnO + CaCl_2 + CO_2 = MnCl_2 + CaCO_3, \quad (2)$$

кроме того возможна реакция (3)

$$FeCl_2 + CaCO_3 + H_2O = CaCl_2 + Fe(OH)_2 + CO_2. \quad (3)$$

Поэтому количество растворившегося марганца после введения в пульпу $FeCl_2$ значительно превышает стехиометрическое для реакции (1). В результате не только обеспечивается очень высокое извлечение из руды как MnO, так и MnO_2, но и не происходит загрязнения раствора соединениями железа.

Высокому извлечению оксидов марганца из отходов производства способствует и высокая температура процесса (220 – 240 °С), которая на заключительной стадии выщелачивания способствует также и очистке раствора от избыточного количества $FeCl_2$. Последнее связано с тем, что избыток $FeCl_2$ при температуре, равной 220 – 240 °С, гидролизуется, выпадая в осадок. Объем твердых продуктов, образующихся по реакции (1), значительно меньше объема растворяющихся веществ. Это приводит к тому, что введение $FeCl_2$ не только повышает полноту, но и ускоряет растворение марганца из оксидов и силикатов.

С другой стороны, содержание примесей в концентрате может быть уменьшено за счет более быстрого осаждения марганца из раствора, чему способствует продувка его воздухом, в результате которой выделяющиеся гидроксиды марганца окисляются до четырехвалентного и быстрее коагулируют.

Для уточнения параметров процесса были проведены три серии экспериментов.

В первой серии экспериментов отвальный шлак от силикотермической плавки металлического марганца (16,76 масс. % Mn, 30 масс % SiO_2, 48 масс. % CaO, 5 масс. % MgO, 5 масс. % Al_2O_3) после размола до минус 0,1 мм смешивали с раствором хлоридов (41,7 масс. % $CaCl_2$, 2,6 масс. % $FeCl_2$) в соотношении 1:6, нагревали до 220 °С и выдерживали в течение 2 ч. Затем после охлаждения марганец осадили очищенным известковым молоком. В результате получили концентрат 64 масс. % Mn, 0,02 масс. % Fe, 0,002 масс.% P. Извлечение марганца в концентрат составило 62,9 %.

Во второй серии экспериментов отвальный шлак металлического марганца вышеуказанного состава после размола до 0,1 мм смешивали с насыщенным раствором хлоридов (40,9 масс.% CaCl3, 4,8 масс.% $FeCl_2$) в соотношении 1:5, нагревали до 240 °С и выдерживали в течение 2 ч. Затем после охлаждения раствор отделяли от остатка, а марганец осадили очищенным известковым молоком. В результате получили концентрат примерно 63 масс. % Mn; 0,03 масс. % Fe, примерно 0,002 масс. % P, 0,001 масс. % Ni. Извлечение марганца из шлака в концентрат составило 86,3 %.

В третьей серии – шлак металлического марганца дробили до крупности примерно 0,020 мм, смешивали с раствором хлоридов кальция и железа (40,9 масс. % $CaCl_2$, 4,8 масс. % $FeCl_2$ выдерживали 2, 4 и 6 ч. после чего твердый остаток анализировали. Содержание марганца в остатке было примерно 3,2 масс. %. Извлечение марганца составило 80,8 %. Извлечение марганца при четырех- и шестичасовой выдержке было таким же, как и при двухчасовой выдержке.

Как видно из результатов экспериментов, предлагаемая технология позволяет извлекать из шлаков, шламов и пыли не менее 60 – 85 масс.% марганца с получением при этом высококачественных марганцевых концентратов; получать из дешевого сырья концентраты, практически не содержащие примесей цветных металлов, который можно использовать как для плавки ферросплавов, так и производства активной перекиси марганца. Технология извлечения марганца из отходов производства марганцевого сплава защищена патентом.

УДК 669.09

АТТЕСТАЦИЯ ТЕХНОГЕННОГО МИКРОКРЕМНЕЗЕМА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

Руднева В.В., Галевский Г.В., Журавлева И.А.

«Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк

Диоксид кремния входит в состав большого количества многотоннажных промышленных отходов. В отходах горнодобывающих предприятий содержится 20 – 80 % масс. SiO_2, в металлургических отходах 16 – 55 % масс., в золах и золошлаках 27 – 63 % масс. К отходам, в которых содержится свыше 80 % масс. SiO_2 относятся: отходы производства фтористого алюминия – 83 – 90 % масс.; горелая формовочная земля – 90 – 96 % масс.; отходы производства кристаллического кремния – до 97 % масс.; отходы производства ферросплавов – до 95 % масс. Производство ферросплавов и кремния сопровождается образованием больших количеств пылевых отходов, которые выносятся с газообразными продуктами. При этом потери кремния составляют, например, при выплавке ФС75 10 – 15 % масс.

Микрокремнезем представляет собой порошок серого цвета. По химическому составу это – диоксид кремния с примесями Fe, Al, Ca, Mg, Mn, Ti, K, Na, преимущественно, в оксидной форме, а также P, S и несвязанными C и Si. Химический состав микрокремнезема зависит от типа выплавляемого сплава: с повышением содержания кремния в сплаве увеличивается количество диоксида кремния в микрокремнеземе. В сплавах с содержанием кремния 50 – 75 % содержание SiO_2 в микрокремнеземе составляет 84 – 94 %, при выплавке кремния – 89 – 96 %. Микрокремнезем является рентгеноаморфным, что вызывает трудности при идентификации фаз. Гранулометрический состав микрокремнезема зависит от типа печи и марки сплава. Размер большинства частиц микрокремнезема не превышает 1 мкм, а средний размер частиц составляет около 0,1 мкм. Частицы микрокремнезема могут образовывать агрегаты размерами до 0,5 мкм.

Плотность микрокремнезема в естественном состоянии составляет примерно 2,2 т/м^3, а объемная плотность в рыхлом состоянии – 0,13 – 0,43 т/м^3. За счет уплотнения можно повысить плотность до 0,48 – 0,72 т/м^3. Насыпной вес микрокремнезема зависит

от степени его уплотнения и составляет: в неуплотненном виде – 0,17 – 0,20 т/м^3; в уплотненном, в зависимости от заказа потребителя – 0,35 – 0,80 т/м^3. Указанные свойства микрокремнезема, а также плохая аэрируемость, высокая адгезионная и аутогезионная способность, «слеживаемость» вызывают значительные затруднения при транспортировке и хранении.

Изучению свойств микрокремнезема, образующегося при производстве ферросилиция, посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных авторов. Однако, физико-химическая оценка микрокремнезема обычно имеет прикладной характер и производится, в основном, по химическому составу и дисперсности, а изучению таких характеристик как, например, фазовый состав практически не уделяется внимания. Немногочисленны исследования, направленные на аттестацию микрокремнезема, образующегося при производстве кремния, хотя по химическому составу он представляет больший интерес как возможный сырьевой материал технологических процессов.

В данной работе была проведена комплексная физико-химическая аттестация микрокремнезема, включающая определение фазового и химического составов, удельной поверхности и морфологии частиц. Исследовался микрокремнезем, получаемый при выплавке кристаллического кремния Кр1 на ООО «Братский завод ферросплавов» (МК-Кр), и микрокремнезем, получаемый при производстве высококремнистых ферросплавов ФС75 на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» (МК-ФС).

Фазовый состав микрокремнезема исследовался методами рентгенофазового, термогравиметрического и ИК-спектроскопического анализов. Были отсняты рентгенограммы и термограммы исходного микрокремнезема, образцов после предварительного нагрева до 500 °С и до 1000 °С.

В результате проведения рентгенофазового анализа установлено, что в образцах микрокремнезема МК-Кр и МК-ФС кремнезем присутствует в виде скрытокристаллического β-кристобалита, что подтверждается размытым рефлексом в области d/n = 4,07 Å. Из кристаллических фаз выявлена только шпинель типа $FeO^{\cdot}(Al_2O_3, Cr_2O_3)$, дающая слабый пик в области d/n = 2,48 Å на дифрактограммах микрокремнезема МК-Кр.

Рентгеноаморфное состояние микрокремнезема затрудняет идентификацию фаз. В связи с этим для определения кристаллических составляющих в скрытокристаллической массе микрокремнезема проведено седиментационное отделение тяжелой фракции и

отмагничивание магнитной фракции. Установлено, что магнитная фракция микрокремнезема МК-ФС состоит из кристаллического кремния, магнетита, гематита, обнаружены следы α-кварца и α-, β-карбида кремния. В немагнитной фракции идентифицированы силикаты типа α-$CaSiO_3$, $Al_2O_3 \cdot SiO_2$, $Ca(Mg,Fe)_3(SiO_3)_4$ и карбид кремния. Фазовый состав магнитной фракции микрокремнезема МК-Кр не определялся ввиду ее крайне малого содержания в образце. Однако идентичность термограмм микрокремнезема обоих видов позволяет предположить и в микрокремнеземе, образующемся при производстве кремния, присутствие оксидов железа; а идентичность ИК-спектров – наличие кальциевых силикатов. В результате рентгенофазового анализа тяжелой фракции, выделенной из микрокремнезема МК-Кр, идентифицированы следующие кристаллические составляющие: α-кварц, карбид кремния, силикат типа $Al_2O_3 \cdot SiO_2$. Тяжелая фракция, выделенная из микрокремнезема МК-ФС, содержит небольшое количество кристаллической фазы, в которой определен только карбид кремния.

Кривые ДТА образцов микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросилиция, снятые на воздухе в интервале температур 20 – 1000 °С, практически идентичны.

Определенная по кривой ТГ убыль массы образцов составляет 3,6 % для МК-ФС и 4,1 % для МК-Кр. Уменьшение массы образцов происходит в интервале температур 100 – 1000 ^{0}С и обусловлено отдачей неструктурной воды и окислением свободного углерода.

Для ИК-спектров микрокремнезема характерно наличие трех интенсивных полос поглощения при 1400 – 900, 875 – 700, 700 – 400 см$^{-1}$, и полос средней интенсивности при 3680 – 3110, 2400 – 2300, 1930 – 1800, 1700 – 1588 см$^{-1}$. Полоса поглощения 3680 – 3300 см$^{-1}$ достаточно однозначно может быть отнесена к валентным колебаниям свободных и ассоциированных групп $[OH]^-$. Возможно, этот рефлекс обусловлен наличием в микрокремнеземе гидратированных оксидов железа, кальция, алюминия. Полоса поглощения 1700 – 1580 см$^{-1}$ связана с проявлением деформационных колебаний единичных молекул воды. Полосы поглощения при 2400 – 2300 см$^{-1}$ и 1940 – 1800 см$^{-1}$ обусловлены, вероятно, присутствием кальциевых силикатов. Полосы поглощения при 1400 – 900, 875 – 700, 700 – 400 см$^{-1}$ являются характеристическими для группы $[SiO_4]^{4-}$. При этом полосы в области 1100 см$^{-1}$ относятся к валентным, в области 460 – 530 см$^{-1}$ к деформационным колебаниям SiO_4 – тетраэдра, полоса в области 830 – 750 см$^{-1}$ объясняется колебаниями Si – O – Si. Для кристобалита характеристическими частотами являются: 465, 523, 695,784 и 807

(дублет), 1095 и 1168 (дублет) $см^{-1}$; α-кварц имеет рефлексы при 495, 620, 756, 1106 и 1200 (дублет) $см^{-1}$. Поэтому полосы при 1400 – 900 $см^{-1}$ (с максимумом около 1120 $см^{-1}$), 875 – 700 $см^{-1}$ (с максимумом 475 $см^{-1}$) могут быть определены как характеристические для этих модификаций. Отсутствие на спектре дублетов обусловлено аморфным состоянием кремнезема.

Результаты рентгенофазового, термического и ИК-спектроскопического анализов образцов исходного микрокремнезема и выделенных тяжелой и магнитной фракций хорошо согласуются между собой и дают достаточно полное представление о фазовом составе.

Химический состав микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросилиция, определялся по стандартным методикам. Установлено, что содержание основной фазы – кремнезема – составляет 93,41 – 95,33 % масс. в МК-Кр и 91,72 – 93,63 % масс. в МК-ФС. Свободный углерод в МК-Кр содержится в количестве 1,36 – 2,28 % масс., в МК-ФС – 0,56 – 1,18 % масс., свободный кремний в количестве 0,30 – 0,34 % масс. и 0,18 – 0,20 % масс., соответственно. Содержание кальция, алюминия, железа, фосфора, магния, марганца и титана в пересчете на оксидные формы приведено в таблице. Потери при прокаливании микрокремнезема МК-Кр составляют 2,94 %, при прокаливании микрокремнезема МК-ФС – 2,72 %, что согласуется с результатами термического анализа.

Таблица - Химический состав микрокремнезема

Элемент	Содержание, % масс.	
	Микрокремнезем МК-Кр	Микрокремнезем МК-ФС
Ca(CaO)	0,30	0,52
Al(Al_2O_3)	0,40	0,68
Fe(Fe_2O_3)	0,36	0,6-1,4
P(P_2O_5)	0,18	0,20
Mn(MnO)	0,05	0,30
Mg(MgO)	следы	1,08
Ti(TiO_2)	0,01	Следы

Анализируя результаты фазового и химического анализов, можно сделать вывод о том, что различия в составе микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и высококремнистого ферросилиция, немногочисленны и заключаются в следующем:

– свободный кремний содержится в кристаллической форме в микрокремнеземе МК-ФС и в аморфной – в микрокремнеземе МК-Кр. Это объясняется различными скоростями закалки возгонов: при

производстве кремния пылегазовый поток орошается водой, при производстве ферросилиция охлаждение достигается за счет большого разбавления воздухом;

– железо содержится в различных формах: в виде магнетита в микрокремнеземе МК-ФС и шпинели $FeO \cdot Al_2O_3$ – в микрокремнеземе МК-Кр. Вероятно, небольшое содержание железа в сырьевых материалах при производстве кремния предопределяет возможность его кристаллизации только в составе сложных соединений, чаще шпинелидного типа;

– повышенное содержание свободного углерода в микрокремнеземе МК-Кр может быть связано с выносом древесного угля в газовую фазу в результате практикуемого на заводе «рыхления» шихты;

– большее содержание примесей в микрокремнеземе МК-ФС объясняется использованием в технологическом процессе железосодержащих материалов и менее чистых кварцитов.

Дисперсность и морфология частиц микрокремнезема исследовались методами БЭТ и электронной микроскопии. Установлено, что микрокремнезем, образующейся при производстве кремния и ферросилиция, состоит из частиц преимущественно сферической формы размером 0,1 – 0,4 мкм, объединенных в непрочные агрегаты размером до 1 мкм, частично разрушаемые при прокаливании (рисунок). Удельная поверхность микрокремнезема, определенная методом БЭТ, составляет 20000 – 22000 $м^2$/кг. При исследовании дисперсности микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросплавов, не установлено их различие по данной характеристике.

Таким образом, проведенная комплексная физико-химическая аттестация позволила установить, что техногенный микрокремнезем обоих видов представлен следующими фазами: β-кристобалит, α-кварц, карбид кремния, гематит, силикаты. В микрокремнеземе МК-ФС присутствует магнетит, а в микрокремнеземе МК-Кр – шпинель $FeO \cdot Al_2O_3$. Установлено присутствие в микрокремнеземе обоих видов оксидов кальция, алюминия, железа, фосфора, магния, марганца, титана, а также свободного углерода и кремния. Количественные различия в химическом составе микрокремнезема касаются, в основном, содержания кремнезема, соединений железа и свободного углерода. Частицы микрокремнезема имеют сферическую форму, их крупность находится в пределах 0,1 – 0,4 мкм, величина удельной поверхности составляет 20000 – 22000 $м^2$/кг.

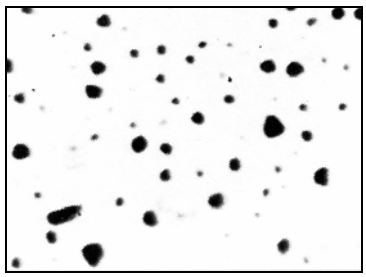


Рисунок - Микрофотография микрокремнезема МК-ФС, ×20000

Аттестационные характеристики микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и высококремнистых сплавов, свидетельствуют о целесообразности использования его в электротермических процессах, требующих применения материалов повышенной дисперсности. Большое содержание примесей в микрокремнеземе является наиболее значимым критерием при оценке его в качестве сырьевого материала технологических процессов, предопределяя крайне незначительное использование. Тем не менее, эти вопросы не теряют своей актуальности вследствие возможности исключения стадии диспергирования исходных материалов, часто являющейся трудной технологической задачей, и снижения себестоимости целевого продукта.

На основе имеющихся литературных данных и патентных предложений можно выделить следующие возможные направления использования микрокремнезема в технологических процессах:

– синтез кремнийорганических соединений;

– вторичное использование в производственных циклах;

– получение карбида кремния.

Производство карбида кремния является одним из возможных технологических процессов, реализуемых с использованием высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов. В качестве кремнеземсодержащего сырья при получении карбида и нитрида кремния для керамики рассматривалась возможность использования таких аморфных разновидностей как рисовая шелуха (концентрация диоксида кремния в золе после сжигания более 90 %) и вулканический пепел. Разработана также технология так называемого низкотемпературного синтеза карбида кремния из микрокремнезема, образующегося при производстве ферросплавов, рекомендуемого для применения в металлургии и электротехнике. Гранулированную шихту из дисперсного буроугольного полукокса, микрокремнезема и связующего (водного раствора лигносульфонатов или жидкого стекла) подвергали термообработке в электропечах в течение 1 часа. Выход карбида кремния при этом составлял 79 – 86 %. Микропорошки

карбида кремния фракции М5 были получены в индукционной печи при использовании брикетов, приготовленных из микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросилиция, и измельченного до фракции – 2 мм углеродистого восстановителя. Степень восстановления, близкая к 100 %, достигалась при температуре 1600 – 1650 ^{0}С, брикеты спекались и рассыпались в тонкий порошок. Тонкодисперсный карбид кремния получали также из окомкованной шихты, состоящей из микрокремнезема, образующегося при производстве ферросплавов, и кокса крупностью -10 мкм. Процесс восстановления при атмосферном давлении начинался при температурах, близких к теоретической (~ 1550 ^{0}С), при 1600 ^{0}С степень восстановления составляла 70 %, при 1670 ^{0}С достигала 100 %. Карбид кремния в виде нанопорошка, содержащего до 94 % масс. карбида, был получен плазмометаллургическим синтезом при восстановлении пылевых выбросов производства ферросилиция пропаном в плазменном потоке азота. Однако проведенная комплексная физико-химическая аттестация техногенного микрокремнезема позволила в качестве сырьевого материала для плазмометаллургического производства карбида кремния рекомендовать микрокремнезем, образующийся при производстве кремния ООО «Братский завод ферросплавов», выбор которого обусловлен следующими факторами: более высоким содержанием диоксида кремния (93 – 95 % масс.) и низким содержанием примесей оксидов железа, алюминия, марганца, кальция, магния, по сравнению с микрокремнеземом МК-ФС.

Таким образом, к настоящему времени предложен ряд технологических решений по использованию в качестве сырья для получения карбида кремния нанодисперсных кремнеземсодержащих материалов техногенного происхождения, доступных, недорогих и имеющих большие объемы накоплений, что можно рассматривать как новое направление в технологии карбида кремния, позволяющее достичь нужных характеристик продукта и отвечающее требованиям ресурсосбережения. Несмотря на принципиальную возможность получения карбида кремния и ряд положительных эффектов, достигаемых при использовании нанодисперсных кремнеземсодержащих материалов (снижение температуры синтеза, высокая дисперсность, высокое содержание SiC), разработки подобных технологических процессов немногочисленны и требуют дальнейшего исследования.

УДК

ПЕРЕРАБОТКА ГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

Волынкина Е.П., Климовская И.А., Долгополов В.П., Протопопов Е.В., Соколов В.В., Ганзер Л.А., Щеглов М.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

До недавнего времени достаточно молодая отрасль переработки твердых бытовых отходов и отсчитывающая не одно тысячелетие черная металлургии сосуществовали параллельно и не пересекались. Стремительное развитие первой привело к появлению новых технологий и новых материалов из вторичных ресурсов, зачастую эффективно заменяющих традиционные. В настоящее время существует множество технических возможностей переработать отходы бумаги, полимеров, резины и т.д.

Но не все отходы могут быть переработаны в новую продукции. Например, очень сложно и дорого разделить смешанную упаковку типа тетрапак или состоящую из нескольких видов пластмасс офисную или бытовую технику. Альтернативой переработки является захоронение или сжигание. В соответствии с принципами законодательно закрепленной на международном уровне иерархии управления отходами захоронение является наименее предпочтительной альтернативой [1]. Развитые страны ежегодно сокращают количество захораниваемых отходов и взяли курс свести его к нулю уже в первом десятилетии нового тысячелетия. Сжигание ТБО на мусоросжигательных заводах вызывает, и зачастую вполне обосновано, противодействие общественности вследствие образования токсичной золы, а также обнаруженных в конце 20 в. в газообразных выбросах МСЗ таких супертоксикантов, как диоксины.

В рамках Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением и Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) разработаны Технические руководящие принципы сжигания отходов [2], согласно которым степень воздействия на окружающую среду при сжигании зависит от следующих четырех важнейших факторов:

– Характер сжигаемых отходов. Экологически обосновано сжигание топлива, полученного из отходов путем их сортировки и удаления всех негорючих (металлы, стекло и др.) и подверженных

гниению (пищевые отходы) компонентов. Рекомендованы для сжигания три вида топлива на основе ТБО: ТТО – топливо из горючих компонентов твердых отходов, ТОУ – топливо из отходов упаковочных материалов, ПТ – полимерное топливо. Во всех случаях из общей массы ТБО перед сжиганием необходимо отсортировывать отходы ПВХ.

– Условия сжигания. Решающее значение для безопасного сжигания отходов имеют следующие технологические параметры сжигания: температура – от 850 до 1100 ^{0}С для углеводородных отходов и от 1100 до 1200 ^{0}С для галогенсодержащих отходов; время пребывания газа в печи – не менее 2 секунд; достаточная турбулентность; избыток кислорода.

– Очистка отходящих газов. Рекомендуется мокрая газоочистка с обработкой газов щелочными растворами (известь, бикарбонат натрия) или просто водой, что обеспечивает удаление водорастворимых токсичных компонентов – диоксид серы, фтористый водород, хлористый водород.

– Удаление зольного остатка. Зольный остаток после сжигания ТБО всегда считается опасным и удаляется на захоронение только после проверки на выщелачивание, т.е. на содержание водорастворимых токсичных соединений. В случае установления его токсичности необходимо предварительное обезвреживание, например путем стабилизации цементом.

Таким образом, при выполнении перечисленных рекомендаций сжигание рассматривается ООН в качестве возможного и экологически обоснованного способа удаления (утилизации) горючего остатка от сортировки общей массы ТБО. В таблице 1 представлены данные об энергетической ценности различных видов отходов и традиционных видов топлива (уголь, древесина).

Таблица 1 – Энергетическая ценность горючих компонентов ТБО и традиционных видов топлива

Наименование материала, символ международной экомаркировки	Теплота сгорания, МДж/кг
Полиэтилен, HDPE/LDPE	45
Полипропилен PP	45
Смесь LDPE, HDPE, PP (упаковка пищевой продукции)	45
Смесь PP, ABS, HDPE (компьютеры)	43
Полистирол PS	41

Пластмасса АБС, ABS	40
Резина (отработанные автошины, транспортерные ленты)	37
Смесь LDPE, PP, PVC (смешанная упаковка)	37
Смесь PP, LDPE, PVC (упаковка непищевой продукции)	37
Смесь PP, PVC, ABS, PUR (бамперы/топливные баки)	33
Уголь	27-30
Полиэтилентерефталат, PET	25
Поливинилхлорид, PVC	23
Топливо ТОУ	22
Текстиль	22
Топливо ТТО	20
Бумага	20
Древесина	19
ТБО несортированные	8-10

Представленные данные показывают, что энергетическая ценность входящих в состав ТБО горючих компонентов очень высока и для ряда отходов существенно превышает теплоту сгорания такого традиционного топлива как уголь. ЮНЕП отмечает, что многие из уже построенных мусоросжигательных установок не предназначены для того, чтобы выдерживать температуры, получаемые при использовании столь высококалорийного топлива в чистом виде. В то же время, несортированные ТБО характеризуются крайне низкой величиной теплоты сгорания, что связано с высокой влажностью входящих в их состав пищевых компонентов. Процесс сжигания такого топлива в обычных слоевых топках мусоросжигателей характеризуется нестабильностью и требует ввода дополнительного топлива.

С точки зрения выполнения остальных условий обычные мусоросжигатели также не являются совершенными. Профессор Московского института стали и сплавов В.А. Кудрин отмечает [3]: «существующие методы сжигания ТБО не могут быть признаны совершенными … вследствие низких температур сжигания, плохого теплообмена в топке, использования для сжигания атмосферного воздуха, что приводит к образованию больших объемов дымовых газов и необходимости строительства громоздких газоочистных сооружений.

Необходимость мощной и многоступенчатой газоочистки обуславливает высокие капитальные и эксплуатационные затраты, что делает мусоросжигательные заводы дотационными и препятствует их распространению в российских регионах. На всей территории России по-прежнему более 90 % ТБО захораниваются на свалках. Решению проблемы в целом способствовало бы использование для сжигания высокотемпературных металлургических агрегатов».

Развитие черной металлургии всегда было тесно связано с использованием собственных отходов или отходов смежных отраслей. Металлургия является отраслью, полностью перерабатывающей отходы потребления из черных металлов, замыкая таким образом их жизненный цикл. Как отмечает профессор Московского института стали и сплавов Ю.С. Юсфин, «с переработки стального лома в мартеновских печах, конвертерах, а затем и в электропечах началась эра промышленного рециклинга» [4].

В последние годы вовлечение металлургических агрегатов в переработку различных видов отходов наблюдается во всем мире. Металлурги разных стран мира, начиная со второй половины XX века, предлагают и успешно реализуют идеи утилизации в высокотемпературных металлургических агрегатах различных горючих компонентов ТБО. Это обусловлено тем, что ни один мусоросжигатель не может конкурировать с такими высокотемпературными металлургическими агрегатами как кислородный конвертер или доменная печь по условиям обезвреживания токсичных отходов, включающим температуру до 2500 – 2700 ^{0}С, активную окислительную или восстановительную атмосферу, интенсивный тепло- и массообмен, наличие высокоактивных основных шлаков, связывающих негорючий остаток от сжигания отходов и переводящий его в остеклованный шлак. В таких условиях практически невозможно образование диоксинов. Кроме этого, мощные металлургические агрегаты оснащены полным набором оборудования для улавливания и очистки выделяющихся газов, а также имеют замкнутую систему водоснабжения.

Известно, что металлургические компании Германии и Японии уже более 10 лет перерабатывают отходы пластмасс в доменных печах [5 – 8]. Германская фирма «Stahlwerke Bremen GmbH» перерабатывает в доменных печах свыше 70 тыс. т в год отходов пластмасс. Регулярный мониторинг выбросов в атмосферу показал, что количество выбросов пыли, SO_2 и NO_x при использовании пластмасс находится существенно ниже уровня предельно допустимых выбросов. В выбрасываемых в атмосферу газах были обнаружены следовые концентрации диоксинов – менее 0,001 нг/м^3, что более чем в 100 раз ниже уровня ПДК

диоксинов в атмосферном воздухе, составляющего в Германии 0,1 нг /м^3. Фирма «Eko-Stahl» в г. Айзенхюттенштадт вдувает отходы пластмасс в доменные печи с 1996г. с устойчивым расходом 30-60 кг/т чугуна. В Японии использование отходов пластмасс в доменных печах ведется с 1993 г. Металлургическая компания «Ниппон Кокан» в г. Кейхане более 10 лет вдувает отходы пластмасс в доменную печь объемом 4907 м^3 с расходом до 200 кг/т чугуна, в 2004 г. на переработку на металлургический комбинат было направлено около 20 % муниципальных отходов. По мнению руководителей компании металлургические предприятия, расположенные вблизи крупных городов, находятся в зоне образования большой массы отходов и их уникальные технологические возможности должны быть использованы для их утилизации. В настоящее время система рециклинга пластмасс, разработанная этой компанией, широко используется другими японскими металлургическими предприятиями, поддерживающими международный стандарт ISO 14001. В состав типичных пластмассовых отходов, утилизируемых в доменных печах, входят офисное оборудование, бутылки и контейнеры, пленка и др. В настоящее время Япония приближается к уровню 1 млн. т в год отходов пластмасс, перерабатываемых в доменных печах, что составляет 10 % от уровня их ежегодного образования.

Компания Nippon Steel (Япония) использует в сталеплавильных печах отработанные автопокрышки как заменители части железосодержащего скрапа и угля, утилизируя таким образом около 5 млн. шин в год. Компания Stebbing Engineering Division Accelerated Technologies Corporation (США) перерабатывает отработанные автомобильные покрышки в электродуговых печах [9]. Германия утилизирует в доменных печах туши инфицированных животных.

В России разработки в области переработки отходов в черной металлургии традиционно ведутся государственными техническими университетами – Московским институтом стали и сплавов (МИСИС), Сибирским государственным индустриальным университетом (СибГИУ) и др. Учеными МИСИС разработан ряд технологий переработки отходов пластмасс, отработанных масел и других видов отходов в доменных печах [5, 6]. Проведенные исследования с использованием метода математического моделирования при помощи программ IVTANThermo, позволяющих рассчитать равновесное состояние сложных систем в условиях металлургических агрегатов, показали, что в условиях доменной печи концентрация диоксинов и фуранов составляет менее 10^{-30} %. На основании полученных результатов учеными МИСИС сделан вывод о том, что появление в

отходящих газах доменной печи суперэкотоксикантов (фуранов, диоксинов, HCN, COS и др.) при вдувании в печь пластмасс исключено.

Известная под названием «печь Ванюкова» совместная разработка институтов «Гинцветмет» и МИСИС при участи Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова предусматривает сжигание ТБО в условиях, характерных для сталеплавильных агрегатов: высокая температура, наличие шлакового расплава, использование кислородного дутья, мокрая система газоочистки и др. Проведенный комплекс промышленных испытаний данной технологии на печи Ванюкова, установленной на Рязанском опытно-экспериментальном металлургическом заводе, показал, что применение технического кислорода при температурах 1400 – 1700 ^{0}С приводит к полному разрушению всех токсичных компонентов отходов. Установлено отсутствие диоксинов на выходе пылегазового потока, в жидких продуктах плавки (шлак, металлосодержащий продукт), а также по газоходному тракту, что свидетельствует о том, что их вторичное образование также не происходило. Это объясняется тем, что условия сжигания ТБО в печи Ванюкова приводит к такому разрушению структурной решетки диоксинов, что их обратимая фрагментация становится практически невозможной.

Учеными СибГИУ совместно со специалистами Западно-Сибирского металлургического комбината разработаны и внедрены в производство технологии переработки в кислородных конвертерах отработанных автомобильных покрышек и горючих компонентов твердых бытовых отходов [7 – 15]. Технология выплавки стали в кислородных конвертерах заключается в обработке расплава жидкого чугуна, имеющего температуру 1400 – 1500 ^{0}С, технически чистым кислородом (99,5 % O_2), вдуваемым в конвертер через специальную фурму. В конвертере на большой реакционной поверхности, возникающей в процессе продувки, с высокой скоростью протекают реакции окисления примесей, содержащихся в жидком чугуне, в результате чего выделяется тепло и достигается высокая температура – до 2700 ^{0}С. Наводимый в конвертере высокоактивный жидкоподвижный шлак, содержащий более 50 % CaO, обеспечивает рафинирование жидкого металла от соединений серы, фосфора и др., связывая их в нерастворимые соединения. Выделяющиеся по ходу плавки конвертерные газы подвергаются охлаждению и очистке от пыли в трехступенчатой газоочистке мокрого типа, включающей узел предварительного охлаждения, орошаемый газоход, высоконапорную трубу Вентури. Охлажденные до 40 – 60 ^{0}С газы при помощи дымососа направляются в свечи, где дожигаются на дожигающих устройствах

при температуре 1500 ^{0}С. Шламосодержащие воды газоочистных установок после очистки в радиальных отстойниках возвращаются в оборотный цикл. Таким образом, условия в кислородном конвертере являются еще более благоприятными для полного разрушения токсичных соединений, включая диоксины, чем в печи Ванюкова.

Отработанные автомобильные покрышки и горючие компоненты ТБО (полиэтилен, полипропилен, полистирол, бумага, картон) использовались на ОАО «ЗСМК» в качестве дополнительного энергоносителя в технологии выплавки стали с пониженной долей жидкого чугуна. Специально проведенные исследования пылегазовых выбросов из конвертеров показали, что ввод отработанных автопокрышек в конвертер в ограниченном количестве (до 3 кг/т стали) не влияет на качество выплавляемой стали, а также на содержание в выбрасываемых в атмосферу газах пыли, оксидов серы и углерода. Высокая температура и избыток кислорода в конвертерной ванне способствовали полному сгоранию автопокрышек и продуктов их термического разложения, что исключило возможность загрязнения атмосферы продуктами неполного сгорания топлива (сажа, оксид углерода, углеводороды). В 2004 г. технология переработки отработанных автопокрышек в кислородных конвертерах признана лауреатом конкурса «Национальная экологическая премия» в номинации «Экология города» за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России. В 2005 г. в конвертерах ОАО «ЗСМК» было переработано около 40 тыс. шт. покрышек, что составило всего лишь 0,3 кг/т стали.

В ходе проведенных испытаний в конвертерах горючих компонентов ТБО были выполнены исследования шламов из газохода на содержание полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ). Полученные результаты показали отсутствие влияния отходов на концентрации данных токсичных соединений. Выполненные с учетом полученных результатов и рекомендаций «Методического руководства по выявлению и оценке выбросов диоксинов и фуранов», разработанного ЮНЕП в рамках программы ООН по окружающей среде [10], расчеты показали, что при расходе горючих компонентов ТБО 0,8-0,9 кг/т стали суммарная величина эмиссии диоксинов более, чем в 13000 раз ниже, чем при самом высокотехнологичном способе сжигания ТБО на МСЗ, оборудованном сложной системой очистки газов.

Таким образом, металлургические агрегаты обеспечивают более безопасное сжигание горючих компонентов отходов, чем мусоросжигательные заводы. Идея использования металлургии для

утилизации наиболее трудноутилизируемых видов отходов, включая особо токсичные, принадлежит самим металлургам. Сжигание горючих компонентов отходов в металлургических агрегатах более 10 лет используется в наиболее промышленно развитых странах мира, известных строгим отношением к защите окружающей среды. Отечественный опыт подтверждает возможность и эффективность использования высокотемпературных металлургических агрегатов для утилизации и обезвреживания целого ряда отходов, что позволяет металлургическим предприятиям помочь в решении острых экологических проблем в регионах, на территории которых они размещаются. В связи с этим государственным контролирующим природоохранным организациям целесообразно начать рассматривать металлургию как отрасль, способную эффективно и наиболее безопасно утилизировать и обезвреживать такие отходы как отработанные автомобильные покрышки, неутилизируемая горючая часть после сортировки ТБО, отходы лечебно-профилактических учреждений и другие, и содействовать развитию данного направления.

Библиографический список

1. Йоханнесбургский саммит 2002. 26 августа – 4 сентября 2002 г. (по материалам ООН) [Электронный ресурс] : Режим доступа : http://www.ruscp.ru/sammit2002.htm.
2. Конференция сторон Базельской конвенции. 9-13 декабря 2002 г. (по материалам ООН) [Электронный ресурс]:Режим доступа : http://www.basel.int/meetings/cop/cop6/russian/21r.pdf.
3. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали / В.А. Кудрин. - М. : Мир, 2003.
4. Юсфин Ю.С. Техногенные отходы и рециклинг / Ю.С. Юсфин // Рынок вторичных металлов. 2002. № 3. С. 34-35.
5. Инженерная защита окружающей среды / под ред. Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдовой. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2002.
6. Юсфин Ю.С. Промышленность и окружающая среда / Ю.С. Юсфин, Л.И. Леонтьев, П.И. Черноусов. - М.: ИКЦ Академкнига, 2002.
7. Лисин В.С. Ресурсо-экологические проблемы XXI века и металлургия / В.С. Лисин, Ю.С. Юсфин. – М.: Высшая школа, 1998.
8. Технические руководящие принципы идентификации и экологически обоснованного регулирования пластмассовых отходов и их удаления: программа ООН по окружающей среде. UNEP/CHW. 6/21. 23 August 2002.
9. Disposing of tires as a fuel source in the EAF [Текст] // Steel Times. – 2001. – March. – С. 93.

10. Методическое руководство по выявлению и количественной оценке выбросов диоксинов и фуранов. Программа ООН по окружающей среде. Подпрограмма ЮНЕП по химическим веществам. 2001.

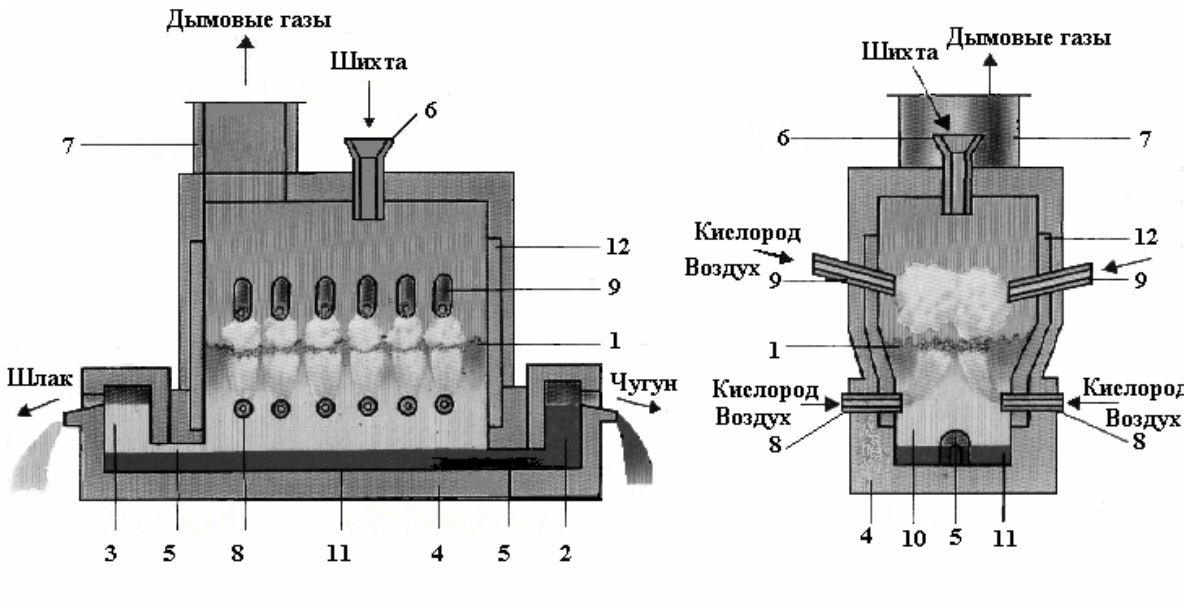
УДК

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ РОМЕЛТ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Валавин В.С., Шкурко Е.Ф., Похвиснев Ю.В., Макеев С.А.

ГТУ «МИСиС»

Процесс жидкофазного восстановления разработан Московским институтом стали и сплавов в 1980 году. На Новолипецком металлургическом комбинате в 1984 г. построили опытно-промышленную печь ПЖВ (ОУ ПЖВ), на которой сотрудники МИСиС совместно с работниками НЛМК отрабатывали технологию выплавки чугуна из различных железо- и углеродсодержащих материалов и отходов производства. В процессе отработки технологии было выплавлено 41 тыс. т чугуна. Впоследствии процесс получил название Ромелт. На данную технологию получен патент, который продан фирмам Индии, Японии, США. В настоящее время процесс готов для коммерческого применения. В республике Мьянма (ранее Бирма) строится завод Ромелт с печью производительностью 200 тыс. т чугуна в год. Пуск завода намечен на 2010 г. С российской стороны генподрядчиком завода Ромелт является ОАО «Тяжпромэкспорт». Чугун будет поставляться в качестве шихты дуговых электропечей на завод, который строит неподалёку итальянская фирма «Danieli»



1 – барботажная зона шлака; 2 – металлический отстойник; 3 – шлаковый отстойник; 4 – футерованная подина; 5 – шлаковый и металлический перетоки; 6 – загрузочное отверстие; 7 – аптейк печи; 8 – нижние фурмы; 9 – верхние фурмы; 10 – зона спокойного шлака; 11 – зона металла; 12 – водоохлаждаемые панели

Рисунок 1 – Принципиальная схема печи Ромелт

По технологии Ромелт в ванну расплавленного шлака через боковые фурмы, находящиеся под слоем шлака, вдувается смесь кислород-воздух с содержанием кислорода 40 – 70 %. Фурмы имеют простую конструкцию и показали себя надежными в эксплуатации. Они обеспечивают необходимый по мощности барботаж шлаковой ванны.

Загрузка железосодержащих материалов и угля осуществляется сверху через отверстия в своде печи. Попадая в слой барботируемого шлака, содержащего уголь, оксиды железа восстанавливаются. Железо, получаемое при восстановлении, науглероживается и в виде капелек металла под действием собственного веса осаждается на подину печи. Таким образом, в печи образуется три слоя расплавов: металл на подине печи, слой спокойного шлака между металлом и нижними фурмами и слой барботируемого шлака (реакционная зона). Масса металла в печи примерно 70 т, расплавленного шлака – 100 т. Для раздельного выпуска металла и шлака применяются футерованные камеры - отстойники. Отстойники соединены с рабочим пространством каналами различной высоты. Они обеспечивают раздельный переход металла и шлака в металлический и шлаковый отстойники. В отстойниках имеются отверстия для выпуска металла и шлака, расположенные на разных уровнях. Такая система обеспечивает

непрерывный выпуск продуктов плавки со скоростью, соответствующей производительности агрегата. При малой производительности выпуск может быть периодическим. Температура металла в печи Ромелт составляет примерно 1400 – 1450 ^{o}C, шлака – 1440 – 1500 ^{o}C.

Комплекс по выплавке чугуна технологией Ромелт включает в себя:

– цех Ромелт;

– склад шихтовых материалов;

– теплоутилизационную электрическую станцию (ТУЭС);

– компрессорную станцию;

– кислородную станцию

– участок подготовки воды.

Цех Ромелт состоит из следующих агрегатов:

– печь жидкофазного восстановления;

– газоотводящий тракт в составе котла-утилизатора, газоочистки, дымососов и дымовой трубы;

– система охлаждения печи;

– установка высокотемпературного нагрева ковшей;

– расходные бункера для шихтовых материалов с конвейерами подачи материалов к печи.

В Кемеровской области на металлургических и горнодобывающих предприятиях накоплено большое количество различных железо- и углеродсодержащих отходов, которые можно успешно перерабатывать. Например, в железосодержащих отходах Новокузнецкого металлургического комбината имеется большое количество цинка, который не позволяет использовать эти пыли и шламы в агломерационном и доменном производствах. Для их переработки целесообразно построить промышленный комплекс Ромелт, так как в печи Ромелт цинк возгоняется и практически полностью конденсируется в пыли, которую можно использовать как сырье для производства цинка. В печи Ромелт можно перерабатывать не только железосодержащие отходы, но и различные углеродсодержащие материалы, например, отходы углеобогащения.

Согласно нашим расчётам, жидкий чугун, получаемый процессом Ромелт при переработке отходов ОАО «НКМК», будет иметь следующий состав,%: C – 4,4 – 4,6; Si – 0,06 - 0,11; Mn – 0,05 - 0,11; P – 0,05 - 0,12; S – 0,02 - 0,05.

Состав шлака,%: SiO_2 – 35 – 38; MnO – 1,0 - 1,5; S – 0,05 - 0,1; P_2O_5 – 0,1 - 0,13; FeO – 1,5 - 3,5; CaO – 35 – 38; MgO – 8 – 10; Al_2O_3 – 9 – 11; TiO_2 – 0,2 - 0,4; Na_2O – 0,4 - 0,8; K_2O – 0,25 - 0,40; Pb – ≤ 0,02; Zn – ≤

0,02.

Состав шлака можно подобрать таким образом, что из него можно будет получать различные строительные материалы, включая высокомарочный цемент.

Помимо получения металла и шлака при переработке отходов НКМК в количестве 250 – 280 тыс. т в год на печи Ромелт можно вырабатывать пар энергетических параметров (давление 4 МПа, температура 440°С) в количестве 70 - 75 тонн в час, который использовать для производства электроэнергии на теплоутилизационной электрической станции (ТУЭС). Использование этого пара на ТУЭС позволит вырабатывать порядка 130 млн. кВт-час электроэнергии ежегодно, из которой 40 % будет потребляться на ведение процесса, включая производство кислорода, а 60 % будет передаваться во внешние сети.

Основными достоинствами технологии Ромелт являются универсальность и отработанность процесса, простота технологии и конструкции агрегата, экологическая направленность, низкие капитальные вложения.

Ромелт – это:

– процесс, в котором неокускованный железосодержащий материал (железная руда, концентраты, шламы, пыли, окалина) превращается в одном агрегате в жидкие чугун и шлак;

– процесс, в котором организована и работает зона дожигания, обеспечивающая шлаковую ванну теплом, в количестве необходимом для поддержания теплового состояния ванны;

– процесс, в котором основные физико-химические взаимодействия происходят в пространстве, ограниченном не футеровкой, а водоохлаждаемыми панелями;

– процесс, объединяющий в единый энерготехнологический агрегат собственно печь и котел–утилизатор, позволяющий превратить физическое и химическое тепло отходящих газов в пар и электроэнергию;

– процесс, в котором в качестве восстановителя и источника тепла используются энергетические угли различного состава или углеродсодержащие отходы.

Таким образом, имеется техническая возможность и экономическая целесообразность строительства комплекса Ромелт в Кемеровской области для переработки техногенных отходов, в частности, в ОАО «НКМК» или ОАО «ЗСМК». Утилизация текущих и накопленных железосодержащих отходов металлургических комбинатов позволит наряду с улучшением экологической обстановки

в регионе дополнительно получать ежегодно 146 тыс. т чугуна и 87 тыс. т гранулированного шлака, для использования в строительстве и производства цемента. Пыль с высоким содержанием цинка, в которой чистого цинка будет примерно 8 тыс. т в год можно направлять на цинковые заводы или перерабатывать самостоятельно.

При оборудовании данного металлургического комплекса теплоутилизационной электрической станцией (ТУЭС) будет производиться ещё 130 млн. кВт-час электроэнергии.

Наличие металлургического комплекса с печью Ромелт позволит отказаться от необходимости использования ряда отходов при агломерации и тем самым снизить расход кокса на выплавку чугуна и улучшить работу доменных печей за счёт сокращения прихода цинка и щелочных металлов.

Затраты на строительство комплекса в составе: шихтовое отделение, печь Ромелт с газоочисткой и котлом-утилизатором, кислородная станция ТУЭС составят около 85 – 90 млн. долл. США. В случае использования кислорода от существующих кислородных блоков, а также исключения из объёма строительства ТУЭС, затраты на строительство комплекса составят 45 – 50 млн. долл. США. Анализ финансово-экономических показателей проекта для условий ОАО «НКМК» показывает достаточно высокую эффективность его реализации: срок окупаемости инвестиций составит 2,5 – 35 года от начала эксплуатации установки, а внутренняя норма доходности (IRR) – 30 – 33 %.

Для улучшения экологии г. Новокузнецка целесообразно рассмотреть вопрос строительства одной печи Ромелт для переработки отходов НКМК, ЗСМК и других предприятий. Это позволит ежегодно получать дополнительно 200 – 250 тыс. т чугуна и 130 млн. кВт-час электроэнергии.

УДК

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЗАО «СИБИРСКАЯ КОНСАЛТИНГОВАЯ КОМПАНИЯ»

Демчук С.В.

ЗАО «Сибирская консалтинговая компания»
г. Новокузнецк

ЗАО «Сибирская консалтинговая компания» было организовано в июле 1998 года. ЗАО «СКК» оказывает помощь предприятиям

природопользователям в решении природоохранных вопросов, возникающих в процессе их хозяйственной деятельности. Высококвалифицированными специалистами компании в области окружающей среды выполняются:

– Проведение работ по оценке воздействия на окружающую среду проектируемых и действующих предприятий;

– Разработка нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов, допустимых уровней воздействия на окружающую среду; обоснование лимитов природопользования;

– Экологический консалтинг;

– Разработка раздела охраны окружающей среды в проектах на строительство объектов хозяйственной деятельности;

– Разработка проектов по организации СЗЗ;

– Подготовка материалов для обоснования вида деятельности по обращению с опасными отходами и получение соответствующей лицензии.

За последние пять лет компанией разработано и согласовано в природоохранных и других компетентных органах свыше 200 крупных проектов, в т.ч. для:

– угольной, рудодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности, а также предприятий по добыче и переработке нерудных материалов (мрамор, доломит, известняк и пр.) и другой перерабатывающей промышленности;

– строительной промышленности;

– предприятий пищевой промышленности;

– предприятий жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства;

– асфальтобетонных заводов и дорожно-эксплуатационных управлений;

– заводов по ремонту и изготовлению различного оборудования и металлоконструкций;

– автотранспортных предприятий.

При выполнении проектов используется новейшая нормативно-методическая литература, действующие программы расчётов и автоматизированного выпуска проектов на основе современной материально-технической базы. Все специалисты раз в год проходят курсы повышения квалификации в городах Кемерово и Санкт-Петербург. Разрешение на разработку природоохранных проектов подтверждено наличием соответствующих лицензий.

В 2001 году на выставке-ярмарке «Экология Сибири» в рамках

Кузбасской Ярмарки Сибирская консалтинговая компания награждена дипломом за разработку ПДВ.

В 2003 году получено Благодарственное письмо Университета Дружбы народов за блестящее выступление специалистов компании на Второй международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» с докладом на тему «Природоохранные технологии освоения Алгуйского месторождения при добыче талька».

ЗАО «Сибирская Консалтинговая Компания» является членом Российская Ассоциации переработчиков отходов, официально представляя там Кемеровскую область по поручению Департамента природных ресурсов и экологии Администрации Кемеровской области.

Одним из наиболее сложных вопросов для предприятий природопользователей на протяжении ряда последних лет является утилизация отходов промышленного и бытового происхождения. Объемы их генерирования постоянно расширяются, а темпы переработки несопоставимо малы. Так, на территории Новокузнецкого района за 2005 год образовалось 28 млн.т. отходов всех классов опасности, из них использовано 17,8 млн.т. (63 % от образовавшихся отходов), обезврежено 0,63т. Изношенные автомобильные шины и отходы резинотехнических изделий являются одним из самых многотонажных полимерных отходов. Уровень переработки отходов этого вида составляет не более 20 % от всего сбора. Поэтому внедрение производства по переработке резиносодержащих отходов в настоящее время чрезвычайно актуально для Новокузнецка и Юга Кузбасса.

В конце 2004г. при участии и поддержке Департамента природных ресурсов и экологии Администрации Кемеровской области ЗАО «Сибирская Консалтинговая Компания» приступила к изучению данного вопроса.

К настоящему моменту ЗАО «Сибирская Консалтинговая Компания» реализовала следующие этапы проекта:

– Проведен всесторонний анализ положения дел в вопросе утилизации и переработки резинотехнических отходов и выбрала наиболее безопасную и экономичную технологию по переработке резинотехнических отходов, методом пиролиза (нагрев резиносодержащих отходов в герметичной емкости до температуры 400^0 – 600^0 без доступа кислорода) на котором основана выбранная технология, позволяет организовать практически безотходную переработку отходов.

Выбор был остановлен на установке УПОР – 1Ш, изготовляемой ООО «Южно-Уральская промышленная компания».

Производительность переработки одной установки 7 т резиносодержащих отходов в сутки. Установка работает циклически, продолжительность одного цикла переработки 1 час.

Результатом переработки резиносодержащих отходов является выход продукции:

– жидкое пиролизное топливо (топочный мазут),

– технический углерод (уголь активированный),

– металлолом (в случае резиносодержащих отходов с металлокордом),

– пиролизный газ.

Пиролизный газ, так же полученный в процессе переработки, будет далее снова использован в производстве, как топливо для установки.

Была подобрана площадка для размещения установки в п.ст. Тальжино Новокузнецкого района;

Проведена оценка воздействия планируемого производства на окружающую среду;

Разработан проект, получены положительные заключения государственной экологической экспертизы:

Получена лицензия на виды деятельности по обращению с опасными отходами в Управлении Ростехнадзора по Кемеровской области № ОТ-68-000407(42) от 19 января 2007г.

Закуплено необходимое оборудование.

Идет прием резиносодержащих отходов и отработанных масел, промасленной ветоши и фильтров. Стоимость услуги приёма для предприятий составляет – 700 руб. за 1 тонну принятых отходов. Ценность и наличие спроса на услугу обоснованы тем, что при этом природопользователям выдаются справки о количестве принятых у них отходов**,** которые являются для Управления Ростехнадзора Кемеровской области обоснованием уменьшения платы за негативное воздействие на окружающую среду. Таким образом, предприятие сэкономит свои средства и избежит штрафов за загрязнение окружающей среды.

УДК

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПЛАВИЛЬНЫЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ РУД И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

СБОРЩИКОВ Г.С., КРУПЕННИКОВ С.А., ШКУРКО Е.Ф.

ГТУ МИСиС, ОАО «Газпром промгаз»
г.

При научном прогнозировании путей развития технологического процесса или аппарата наиболее перспективным направлением развития существующего процесса или аппарата является такое направление, которое ведёт к снижению его энергоёмкости.

Энергоёмкость понимается в данном случае более широко, чем энергетические затраты в рассматриваемой технологической операции. Энергоёмкость процесса складывается из энергетических потенциалов всех исходных компонентов процесса и его продуктов. Под энергетическим потенциалом компонента подразумевается сумма его исходного энергетического потенциала и энергозатрат, необходимых для его доведения до конечного состояния.

Такой подход применим для любого процесса или аппарата независимо от их технологических особенностей. Однако в каждом конкретном случае требуется система критериев, позволяющих объективно оценить энергоёмкость объекта и обеспечивающих независимость этой оценки от факторов, имеющих временный, конъюнктурный характер, таких как, например, затраты на топливо, электроэнергию, кислород и т.д. Такие оценки действующих и вновь создаваемых процессов и аппаратов для производства чёрных и цветных металлов, полученные в работах М.А. Глинкова, В.Г. Лисиенко, А.В. Ванюкова, В.И. Явойского, В.И. Баптизманского, Д.А. Диомидовского и др., свидетельствуют о существенных преимуществах процессов в барботажном слое и аппаратов, реализующих эти процессы.

Указанные процессы и печи, разработанные на их основе, широко распространены в настоящее время в металлургии: кислородные конвертеры и конвертеры с донной продувкой в черной металлургии, горизонтальные конвертеры, шлаковозгоночные печи и печи А.В. Ванюкова в цветной металлургии. В перспективе предполагается ещё большее их распространение в процессах плавления, подготовки сырья, обработки металла. Помимо металлургии они широко применяются в

химической промышленности, энергетике, производстве стройматериалов и т.д.

Принципиальной особенностью процессов в барботажном слое, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели, является создание в слое предельных объёмных тепловых нагрузок, а также предельной интенсивности конвективного тепломассообмена. В сочетании с большой реакционной поверхностью это предопределяет высокую удельную производительность печи по перерабатываемому сырью. Высокие температуры расплава и интенсивный барботаж газов сквозь него создают благоприятные условия для растворения тугоплавких составляющих флюсов, что влечет за собой, с одной стороны, образование бедных шлаков, а с другой – снижение удельного расхода флюсов и соответствующее уменьшение выхода шлаков, т.е. в конечном счете, снижение потерь металла с ними.

Продувка ванны боковой струей создает возможность наиболее полного использования механической энергии струи, значительная часть которой расходуется на пневматическое перемешивание ванны. Кроме этого, становится возможной организация зоны высокоэффективного разделения шлаковой и металлической фаз, а также реализация как периодического, так и непрерывного режимов работы печи.

Процессы в барботажном слое предъявляют определенные требования к конструкции печей, в которых они протекают. Высокие объёмные тепловые нагрузки при заданной производительности создают условия для минимизации рабочего объема и размеров печи. Малые размеры делают печь с барботажным слоем малоинерционной и, следовательно, легкоуправляемой, что создает предпосылки для её полной автоматизации и использования в автоматических поточных линиях.

Другое требование, предъявляемое к конструкции печей с барботажным слоем в связи с высокими тепловыми нагрузками и интенсивным перемешиванием ванны, заключается в замене огнеупорной футеровки рабочего пространства печи металлическими кессонами с огнеупорной набивкой. Подобная замена обуславливает не только надёжную работу печи в течение 10 – 15 лет без капитального ремонта ограждений (охлаждающих элементов), но и её практически абсолютную герметичность, что облегчает реализацию мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды. Повышенный отвод тепла из рабочей камеры компенсируется путем утилизации тепла охлаждающего агента. Кроме этого, должна быть предусмотрена утилизация тепла отходящих из печи

высокотемпературных газов.

Указанные особенности печи с барботажным слоем позволяют рассматривать её как универсальный плавильный энерготехнологический агрегат.

Фундаментальный вклад в разработку и внедрение в производство печей с барботажным слоем внесла группа ученых МИСиС, возглавлявшаяся А.В. Ванюковым и В.П. Быстровым. Созданная ими печь окислительной плавки концентрата цветных металлов, получившая официальное название «печь Ванюкова» (ПВ), внедрена в промышленное производство на ряде заводов России и не имеет себе равных в мире по основным показателям плавки.

Не менее значимым вкладом явилась разработка другой группой ученых МИСиС под руководством В.А. Роменца модификации ПВ для восстановительной плавки сырья и отходов производства чёрной и цветной металлургии. Печь и процесс получили название «Ромелт». Опытно-промышленный образец этой печи прошёл всесторонние испытания на Новолипецком металлургическом комбинате и сейчас находится в стадии промышленного внедрения в Республике Мьянма (бывшая Бирма).

Перечисленные агрегаты наглядно демонстрируют преимущества процессов и печей с барботажным слоем, хотя во многом далеки от совершенства. Наиболее показательным с этой точки зрения является пример кислородного конвертера, работающего в периодическом режиме, длительность межремонтной кампании которого исчисляется часами. Кроме того, перечисленные выше печи создавались под конкретные технологические операции со всеми вытекающими из этого последствиями. В частности, все они предполагают использование технического кислорода.

Создание универсального плавильного агрегата требует решения ряда принципиально важных проблем: разработки методики расчёта оптимальной конструкции агрегата и режима его работы в зависимости от решаемой технологической задачи; разработки конструкции отдельных узлов, составляющих необходимый агрегат; поиска способов высокоэффективной теплогенерации, что особенно важно в тех случаях, когда в процессе плавки не используется кислородосодержащее дутье; оптимизации энерготехнологического комбинирования в каждом конкретном случае и т.д.

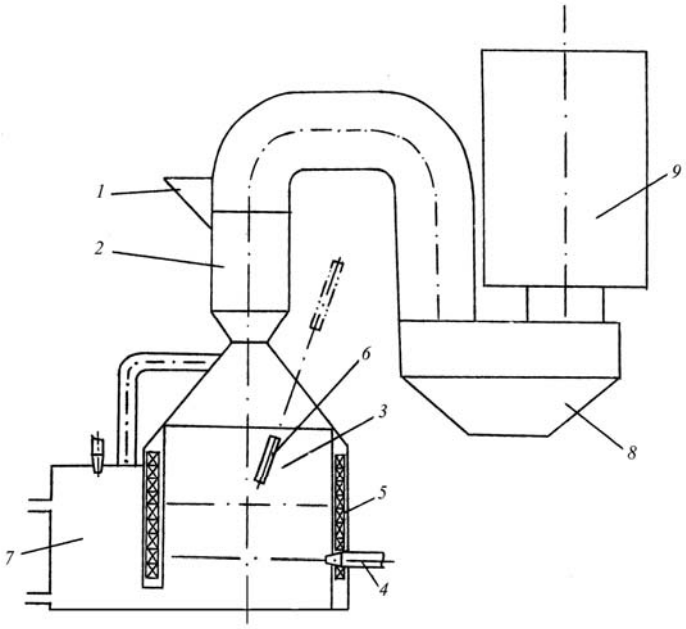
Начиная с 1976 г. группа исследователей МИСиС под руководством Г.С. Сборщикова занимается систематическим исследованием и решением перечисленных проблем. К настоящему времени разработано несколько конструкций набивных кессонов,

методика изготовления которых защищена свидетельством о регистрации ноу-хау № 52-016-2003 в МИСиС. Промышленные испытания проведены на Джамбульском заводе двойного суперфосфата и на Салаватском стекловаренном заводе. Разработаны конструкции выносных камер сгорания газообразного и жидкого топлива, позволяющие организовать высокоэффективное сжигание топлива и вдувание в барботажный слой продуктов сгорания с заданной температурой и химическим составом. Камеры сгорания оборудованы устройствами, позволяющими вдувать в расплав вместе с газами порошкообразные компоненты шихты. Конструкция и способы изготовления основных элементов камер сгорания защищены свидетельством о регистрации ноу-хау № 53-016-2003 в МИСиС. Промышленные испытания проведены на Рязанском оловозаводе и Чимкентском свинцовом заводе. В качестве прототипа использованы газовые топки конструкции СКБЦМ.

Разработана методика расчета печей с барботажным слоем, работающих как в автогенном, так и неавтогенном режимах. Методика приобретена проектными институтами Теплопроект, Гипромез, Гипроцветмет, ВНИИЦветмет, Казгипроцветмет, Стальпроект.

Агрегат для переработки мелкокускового лома и стружки

Агрегат предназначен для переработки металлоотходов машиностроительного производства: мелкокускового лома и стружки – без их предварительной подготовки (брикетирования, удаления с поверхности масла и шлифовального шлама) и представляет собой печь с барботажным слоем, оборудованную выносными камерами сгорания (рисунок 1).



1 – загрузочная воронка; *2* – теплообменник для подогрева шихты; *3* – плавильная камера; *4* – камера сгорания; *5* – охлаждаемый кессон; *6* – пусковая горелка; *7* – сифон для выпуска металла; *8* – осадительная камера; *9* – радиационный воздухоподогреватель

Рисунок 1 – Схема ломоплавильного агрегата

Печь соединена перетоком с металлическим копильником, а также теплообменниками для предварительного нагрева шихты и воздуха, поступающего на сжигание газообразного топлива. Ограждения рабочего пространства печи собраны из набивных стальных кессонов, работающих на испарительном охлаждении. Пар пароводяной смеси после прохождения через барабан-сепаратор поступает для перегрева в котел-утилизатор. Производительность агрегата по перерабатываемому лому 90 т/(м^2·сут), по пару давлением 40 ат – 12 т/ч. Общий КПД использования топлива 95 %. Плавка мелкокускового лома и дробленой стружки осуществляется в расплаве синтетического шлака с основностью 2,5. Периодически, по мере накопления вредных примесей (например, серы) в расплаве, он подвергается регенерации.

В основу разработанной схемы положены результаты испытаний теплошлакового переплава стружки в газо-кислородном конвертере, проведенных в НПО «Тулачермет» сотрудниками Института газа АН Украины (таблица 1). По полученным данным затраты на теплошлаковый переплав по сравнению с электродуговой плавкой уменьшались на 298 тыс. руб. в год (в ценах 1980 г.) при одновременном снижении капитальных затрат на 621 тыс. руб.

Таблица 1 – Результаты переплава стружки стали ШХ-15

Способ переплава	Шихта[1]	Длительность плавки, мин	Масса стружки, кг	Выход годного металла, %	Содержание, %		
					Cr	C	S
Теплошлаковый	МЖ	37	3150	82,1	0,04	0,006	0,021
	ШЗ	42	3070	85,2	0,70	0,008	0,026
Электродуговой	ШЗ	94	3100	78,5	0,75	0,018	0,060
[1] МЖ – мягкое железо, ШЗ – шихтовая заготовка							

Вместе с тем, теплошлаковый переплав и газо-кислородный конвертер, предназначенный для его реализации, обладали рядом

серьёзных недостатков по сравнению с печью с барботажным слоем МИСиС:

– это был периодический технологический процесс, протекающий в конвертере с огнеупорной футеровкой;

– отопление печи осуществлялось газо-кислородной горелкой, которая опускалась в расплав и по мере набора металла в металлической ванне должна была извлекаться из него с тем, чтобы предотвратить прямой контакт кислорода с расплавом металла;

– сжигание топлива производилось в объёме расплава, что не позволяло регулировать процесс горения и химический состав продуктов сгорания.

В разработке МИСиС удалось исключить все перечисленные недостатки, в том числе полностью отказаться от использования технического кислорода.

Производство дорожного ситалла (дорсила) из силикатсодержащих отходов

Разработана и испытана в полупромышленном масштабе печь для непрерывного производства строительных материалов из промышленных силикатсодержащих отходов и любого другого силикатсодержащего сырья. В основу разработки положены результаты работы Государственного института стекла, института НИИМосстрой и Института газа АН УССР по созданию технологии производства белого искусственного стеклокристаллического щебня – дорсила.

Дорсил предназначен для применения в виде облегченного конструкционного и отделочного материала, а также высокопрочного наполнителя асфальтобетонного покрытия дорог. Основная область его использования – дорожное, гражданское и промышленное строительство. Высокая износостойкость и шероховатость дорсила позволяют использовать его в дорожном строительстве для улучшения фрикционных свойств дорожных покрытий, а его белый цвет – для повышения отражательной способности полотна шоссейных дорог. Как конструкционный материал дорсил может применяться в полимербетонах и обыкновенных бетонах для создания легких высокопрочных конструкций.

На Тульском опытном стекольном заводе, где было организовано производство дорсила, он получался путем плавления доменного шлака с песком с последующим дроблением, рассевом по фракциям и кристаллизацией.

Некоторые свойства дорсила, полученного на Тульском ОСЗ, представлены в таблице 2.

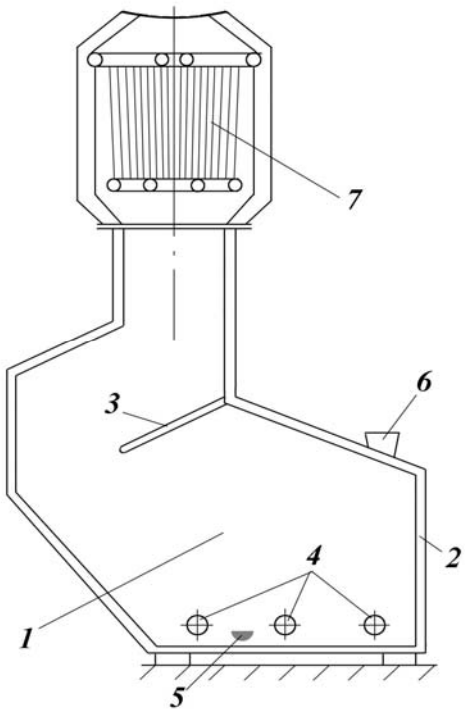
Таблица 2 – Физические и эксплуатационные свойства дорсила

Свойство	Значение
плотность, кг/м^3	1260÷2650 (по требованию заказчика)
пористость, %	18÷49
водопоглощение, %	1÷5
марка по дробимости	1200
марка по износу	И–1
марка по морозостойкости	Мр 3–300

Свойства дорсила и его состав, способы укладки асфальтобетонных покрытий с дорсилом регламентированы ТУ-21-0284461-1-85, ВСН-6-74, ТУ-400-24-104-76.

Опытные плавки дорсила проводились в плавильной печи (конвертере), разработанной Институтом газа АН Украины. Было проведено около 1500 плавок и произведено 3 тыс. т расплава. Однако печь обладала серьезными недостатками: газовая горелка располагалась внутри слоя и срок её службы не превышал 1,5 месяцев. Кроме того, технологическая схема, разработанная на базе этой печи, не предусматривала непрерывного режима ее работы.

Московским институтом стали и сплавов разработана новая конструкция плавильной печи с барботажным слоем (рисунок 2) и технологическая схема производства дорсила (рисунок 3), предусматривающие возможность как периодического, так и непрерывного режимов работы.



1 – плавильная камера; *2* – кессон; *3* – шлакосепаратор; *4* – камеры сгорания; *5* – выпускное отверстие; *6* – загрузочное отверстие; *7* – воздухоподогреватель

Рисунок 2 – Схема печи для производства дорсила

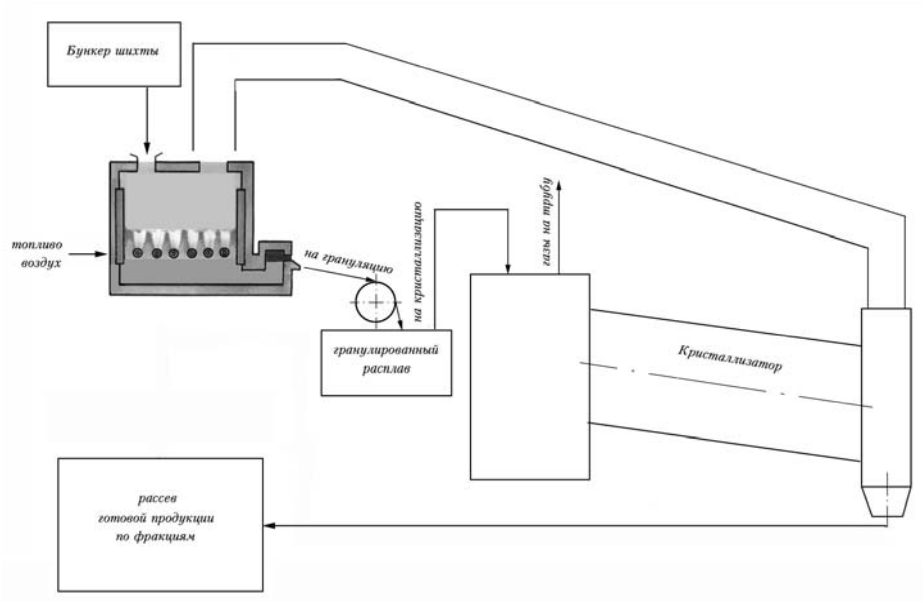


Рисунок 3 – Схема технологической линии по производству дорсила

В таблице 3 представлены технико-экономические показатели печи МИСиС в сравнении с плавильной печью (конвертером) АН Украины. В таблице 4 приведены некоторые свойства дорсила в

сравнении с зарубежным аналогом и природным гранитным щебнем.

Таблица 3 – Показатели работы печи с барботажным слоем в сравнении с лучшим из существующих аналогов

Показатель	Единица измерения	Печь МИСиС	Конвертер АН Украины
Удельная производительность по переплавляемой шихте	т/($м^2$сутки)	24	7
Удельный расход топлива (природного газа)	$м^3$/(т шихты)	302	420
Расход воды	т/ч	12	400
Коэффициент использования топлива	%	81	32

Таблица 4 – Свойства дорсила в сравнении с лучшим зарубежным аналогом и гранитным щебнем

Свойство	Единица измерения	Дорсил	Синопал (Голландия)	Гранитный щебень
плотность	кг/$м^3$	1260÷2650	2560	2500÷2800
пористость	%	18÷49	15÷21	27
пределы прочности: на сжатие на растяжение	МПа	 250÷320 10÷12	 200 2	 100÷280 3
истираемость	%	20÷24	–	8÷20
морозостойкость	число циклов	более 300	–	70
коэффициент отражения	%	50÷60	55÷60	–

В процессе испытаний печи МИСиС на Тульском ОСЗ было произведено 5 тыс. т дорсила. Экономический эффект от реализации готовой продукции в ценах 1982 г. составил 300 тыс. рублей.

В 1990 г. было разработано ТЭО строительства предприятия по производству дорсила из отвалов рудника по добыче фосфоритовых руд в Эстонии. Объём капитальных вложений составил 3 млн. руб. в ценах 1987 г, срок окупаемости 8 месяцев.

Технологическая линия и печь защищены патентом РФ и имеют два ноу-хау.

Выводы. К настоящему моменту получены необходимые данные и накоплен достаточный опыт для практической реализации печей с барботажным слоем в различных отраслях промышленности. Проведённые расчётные, конструкторские и теоретические проработки

показывают высокую степень перспективности использования этих печей не только для рассмотренных случаев, но также для производства стекла, цемента, каменного литья, базальтовой нити, минеральных удобрений, промышленных и бытовых отходов. При переработке различных рудных материалов и техногенных отходов можно получать чёрные и цветные металлы, различные сплавы.

Внедрение печей с барботажным слоем в указанные отрасли промышленности не потребует проведения предварительных исследований.

УДК

О СОЗДАНИИ ПИЛОТНОГО ОБРАЗЦА СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОГО ЭНЕРГО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО АГРЕГАТА ТИПА СЭР И ПОЛИГОНА ДЛЯ ОТЛАДКИ КОМПЛЕСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Цымбал В.П., Мочалов С.П.

Сибирский государственный индустриальный университет,
Научно-инновационная фирма «Синергетис»
г. Новокузнецк

Состояние разработки

В 1991 – 2001 годах группой ученых СибГИУ (научно-инновационная фирма «Синергетис») проектировщиков и специалистов – технологов Запсиба был разработан и доведен до практической реализации в виде опытной установки в ККЦ-2 принципиально новый металлургический процесс и агрегат, имеющий значительные преимущества перед известными в мире процессами прямого получения металла [1].

Основные преимущества: высокие скорости химических реакций благодаря большому отклонению системы от термодинамического равновесия, большой реакционной поверхности и повышенному давлению в агрегате, малый удельный объем агрегата (в 10 – 15 раз меньше известных) и в связи с этим низкие капитальные затраты (в 3 – 4 раза ниже), низкая сквозная энергоемкость (14 – 15 ГДж/т вместо 26 – 28 ГДж/т в традиционных переделах) возможность прямой переработки в одном агрегате пылевидных руд и отходов (шлама, окалины, пылевидной извести, графита и т.д.) без окомкования, полная замкнутость процесса от атмосферы и возможность использования работы расширения реакционных газов, что позволяет обойтись без

дымососов при проталкивании отходящих газов через котел-утилизатор, очистные сооружения и т.п.

При этом возможно достижение сквозного теплового КПД исходного топлива до 80 %, в то время как в традиционной металлургии он составляет около20 %, а в энергетике 37 % .

Процесс запатентован [2] в большинстве металлопроизводящих стран (США, Японии, Кореи, Европейский патент и др.). Наши совместные с Запсибом разработки докладывались и публиковались в трудах [3] нескольких международных конгрессов (Женева 1997, 1999, 2002 годы, США, Индия, Австралия и др.).

При разработке нового процесса и агрегата впервые удалось реализовать ряд идей и принципов [4, 5] теории самоорганизации (синергетики), что в сочетании с использованием ряда физических эффектов (диспергация на встречных струях, газодинамическое запирание каналов) позволило, наряду с отмеченными выше преимуществами, создать [6], по существу**,** *универсальный агрегат - самоорганизующийся струйно – эмульсионный реактор - осциллятор,* пригодный для эффективной реализации ряда новых металлургических и энергетических технологий [7], в том числе:

1. *Прямое восстановление пылевидных руд и отходов (шламов, окалины, хвостов обогащения и т.п.) с получением, например, шихтовой заготовки*.

Коротко это представляется следующим образом (рисунок 1).

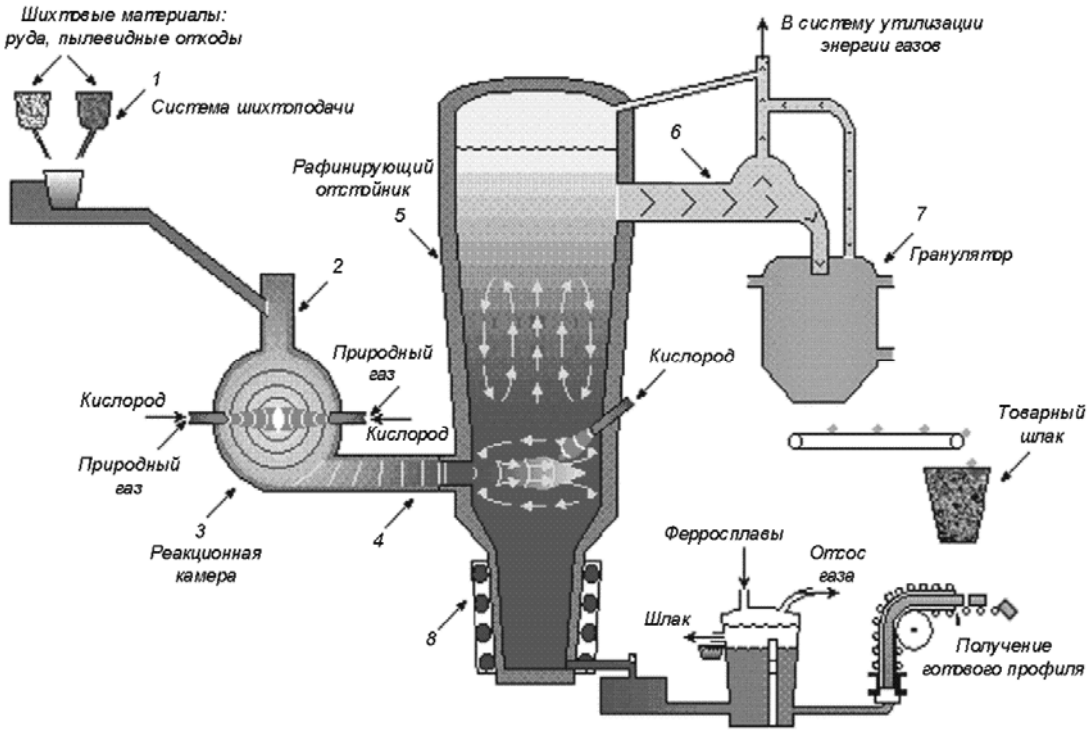


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса и агрегата типа СЭР

Основными конструктивными элементами агрегата *СЭР* (самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор) являются шаровидная реакционная камера (реактор-осциллятор) и рафинирующий отстойник (колонный реактор) с системами подачи шихты, энергоносителей (газа, угля и кислорода) и системами циркуляции воды в ограждающих гарнисажных элементах агрегата. В реакторе – осцилляторе на встречных струях кислорода и природного газа осуществляется диспергация шихты и частичное сжигание топлива. Приготовленная в этом реакторе газовзвесь с объемным газосодержанием порядка 0,99 через газодинамически запираемый канал подается в нижнюю часть колонного реактора под высокий слой газошлаковой эмульсии, где происходит преимущественное восстановление оксидов железа. К нижней части колонного реактора пристыковывается индукционно подогреваемый копильник, в котором накапливается восстановленное из оксидов железо и другие металлы, а обезжелезенный сильно вспененный шлак выталкивается под давлением из верхней части колонного реактора в гранулятор и может использоваться как сырье для производства цемента, в качестве адсорбента или мало теплопроводного заполнителя и т.д.

2. *Переработка бытового мусора*.

Наиболее эффективно эта задача решается в комплексе с описанной выше технологией путем подачи брикетированного мусора в колонный реактор, в слой шлаковой эмульсии, состоящей из оксидов железа, кремния, кальция и др. При этом углерод и водород мусора играют роль восстановителей, отбирая кислород у оксидов железа, что позволяет вдвое уменьшить расход кислорода по сравнению с простым сжиганием мусора, например, в котельных агрегатах. Из-за полной замкнутости процесса обеспечивается его экологичность. Мусор сгорает внутри слоя пенистой газо-шлако-металлической эмульсии, при этом такие экологически вредные вещества как бенз-а-пирены разлагаются на более простые вещества.

3. *Переработка относительно бедных (20 – 30 % Mn) пылеобразныых железомарганцевых руд (без окомковывания)*.

При этом можно получать прямым путем из пылевидной железо-марганцевой руды ферромарганец, высокомарганцовистые стали (типа стали Гадфильда), в том числе, по-видимому, безникелевую нержавейку, а также сплавы типа Fe-Mn-Al.

Можно создать абсолютно изолированный от окружающей среды, экологически чистый агрегат, в котором вместо дыма, получается

энергетический газ. Например, для прямого восстановления марганца нужно иметь в атмосфере колонного реактора около 90 % CO. Такой газ, кроме энергетической ценности, достаточно легко превратить в синтез-газ путем пропускания через решетку с раскаленным коксом. При этом одновременно осуществляется химическая регенерация физического тепла отходящих газов и получается еще более ценный газ, пригодный для переработки, например, в синтетическое моторное топливо.

4. *Безотходная переработка титаномагнетитовых руд и концентратов* с получением железа, легированного рядом элементов (Mn, Mo и др.), и титанистого шлака (порядка 45 – 50 % TiO_2), который в горячем состоянии может быть восстановлен кремнием и алюминием до ферротитана или выдаваться в гранулированном виде как дешевое (отход производства стали) и удобное для переработки сырье для титановой промышленности. Мы имеем патент на эту технологию.

5. *Газификация и комплексная переработка пылеугольного топлива и хвостов обогащения с получением синтез-газа.*

При этом в первом реакторе создается газовзвесь, а в колонном реакторе осуществляется эффективное сжигание и газификация угля в шлаковом слое. Получаемый газ может использоваться как товарный или корректироваться до кондиционного состава синтез-газа, который может быть превращен в диметиловый эфир – экологически чистое дизельное топливо. Реальность такого превращения обсуждалась с Институтом нефтехимического синтеза РАН.

При сжигании 1-й тонны угля можно получить порядка 6 МДж физического тепла (товарная вода или пар), 1000 кубометров энергетического газа с теплосодержанием 15 МДж, 15 – 20 кг металла в виде ценной природнолегированной шихтовой заготовки и 200 кг обезжелезенного сильно вспененного шлака, пригодного в качестве адсорбента или сырья для производства цемента.

6. *Создание малогабаритных (или даже мобильных) энергетических установок* – мини-котельных с возможностью выработки горячей воды, газа, электрической энергии, сжатого воздуха.

Организационно-технические предложения
по созданию технологического мини-модуля
годовой производительностью 20 – 30 тысяч тонн

Поскольку имеется большой не только научный, но также проектно-конструкторский задел, решение поставленной задачи может быть начато с создания пилотного образца энерго-металлургического мини-модуля в содружестве, например, с Новосибирским машзаводом «Сибэлектросталь», который имеет большой опыт проектирования и

создания агрегатов с гарнисажным охлаждением, что позволит создать такой агрегат за 2,0 года. Предварительно такая возможность с руководством завода, в принципе, обсуждалась.

1) Первым шагом к дальнейшему сотрудничеству (в случае принятия положительного решения и обсуждения реальности первого пункта с Сибэлектротермом) может явиться заключение с фирмой «Синергетис» (в которой сосредоточена основная информация, связанная с патентами и НОУ-ХАУ) договора на подготовку исходных данных для ТЭО и техзадания (предпроектная проработка).

В рамках этого договора будут промоделированы возможные варианты технологий с конкретными видами сырья, энергоносителей и готовой продукции (или полупродукта), а также варианты привязки мини-модуля к местным условиям: готовое здание или вновь возводимое, например, из «сэндвичей», поскольку агрегат достаточно легкий, не требующий тяжелого кранового оборудования.

Без такой предварительной проработки, по-видимому, трудно принимать какие-либо серьезные решения по крупным инвестициям. Эту работу мы готовы выполнить за четыре месяца, ее стоимость порядка 3 – 3,5 млн. рублей.

2) После обсуждения этих результатов принимается окончательное решение о форме реализации проекта и заключается лицензионное соглашение с НИФ «Синергетис».

3) Заключается договор с руководством завода «Сибэлектротерм» на рабочее проектирование, изготовление элементов агрегата, комплектацию подсистем технологического мини-модуля, сборку и испытания (совместно с НИФ «Синергетис»).

4) Заключается договор с проектным институтом «Сантехпроект» г. Новокузнецк, который уже имеет опыт проектирования систем гарнисажного охлаждения и утилизации вторичного тепла.

5) Параллельно с созданием агрегата разрабатывается проект технологической компоновки и организации работ на строительно-монтажные работы по месту размещения создаваемого технологического мини-модуля.

6) Научно-инновационная фирма «Синергетис» принимает на себя руководство проектом создания агрегата, а также научные, инженерные расчеты и разработку технологической документации.

Стоимость создания головного (пилотного) образца производительностью 2 – 3 тонн в час порядка 2,5 млн. евра, включая инжиниринг и авансирование лицензионного соглашения (без зтрат на здание).

Срок реализации 2 года. Срок окупаемости порядка 3-х лет.

Создание полигона для промышленной доработки рассмотренных выше новых технологий, например, в рамках технопарка поможет доведению их до уровня коммерческой привлекательности и ускорит внедрение в производство.

Библиографический список

1. Запсиб: в Сибири рождается альтернативная наукоемкая металлургия постиндустриальной эпохи./ В. Цымбал, Б. Кустов, Р. Айзатулов, С. Мочалов, К. Шакиров // Металлы Евразии, 1996, № 8. - С. 114-117.
2. European Patent. International number PCT/RU93/00325. Process for the continuous refining of metal and a facility for carrying out said process / V.P. Tsymbal, S.P. Mochalov, K.M. Shakirov a.e. // International publication number WO 95/18238. - 1995.
3. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. - 512 с.
4. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. - 406 с, ил.
5. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учеб. пособие/ Под редакцией В.П. Цымбала. СибГИУ – Новокузнецк, 2005. - 264 с.
6. Цымбал В.П., Мочалов С.П. В разделенных потоках. О новых способах и агрегате переработки природно-легированных руд и получения металлов. // Металлы Евразии, 2006, № 6. – С. 78-80.

УДК

УТИЛИЗАЦИЯ ПЫЛИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЕРРОСИЛИЦИЯ

Симонян Л.М.

Московский государственный институт стали и сплавов (ТУ)
г. Москва

Кремнеземная пыль (КП) представляет собой побочный продукт при производстве ферросилиция и его сплавов в электродуговых печах. В процессе выплавки FeSi газообразный монооксид кремния SiO, образующийся в высокотемпературных зонах, окисляясь и конденсируясь, превращается в мелкодисперсный аморфный кремнезем, называемый также микрокремнеземом или микронаполнителем. Частицы микрокремнезема имеют гладкую поверхность и сферическую форму. Средний размер частиц составляет

0,1 – 0,2 микрон, то есть они в 50 – 100 раз мельче цемента или летучей золы, а удельная площадь поверхности составляет от 13000 до 25000 $м^2$/кг.

При выплавке 1 т ферросилиция образуется до 300 кг микрокремнезема. По мере повышения содержания кремния в сплаве увеличивается количество диоксида кремния SiO_2. В сплавах с содержанием кремния 50 и 75 % содержание кремнезема составляет соответственно 61 – 77 % и 84 – 88 %, а в случае технически чистого кремния – 87 – 89 %. Порошок, собранный в рукавных фильтрах, фактически состоит из рыхлых агломератов тонкодисперной пыли с очень низкой насыпной плотностью.

Новые возможности использования КП тесно связаны с созданием эффективных суперпластификаторов и бетонов нового поколения, обладающих высокой прочностью (от 60 до 150 МПа), повышенной удобоукладываемостью и долговечностью.

Весьма мелкий гранулометрический состав и значительная удельная поверхность зерен аморфного кремнезема обусловливают высокие пуццолановые свойства и позитивное влияние КП на свойства бетона. Содержание КП в бетонах составляет 10 – 20 %, при этом на каждое зерно цемента в бетонной смеси приходится свыше 2 млн. частичек КП. Изменение структуры пор в бетоне результате физического и химического воздействия является главным фактором влияния КП на механические свойства и прочность бетона.

КП рекомендуется в бетонах подвергающихся эрозионному истиранию, коррозионностойких, обладающих высокой прочностью в раннем возрасте (строительство мостов, туннелей, автодорог, взлетно-посадочных полос и т.п.), высокопрочных, с реакционно-способными заполнителями, стойких к истиранию (полы промзданий, автомобильные стоянки, тротуары и дорожные покрытия), обладающих повышенной долговечностью и водонепроницаемостью (для применения в агрессивных средах, связанных с воздействием хлоридов, сульфатов и солей-антиобледенителей), для строительства морских и береговых сооружений.

Кремнеземную пыль можно получать в трех видах – естественном (необработанном) и уплотненном, а также в виде водной суспензии (около 50 %).

Необработанный микрокремнезем очень трудно транспортировать и хранить. Объемная плотность КП в рыхлом состоянии – 130 – 430 кг/$м^3$, за счет уплотнения можно повысить плотность до 480 – 720 кг/$м^3$ (цемента – 1500 кг/$м^3$). Суспензии микрокремнезема представляют собой наиболее практичную форму для

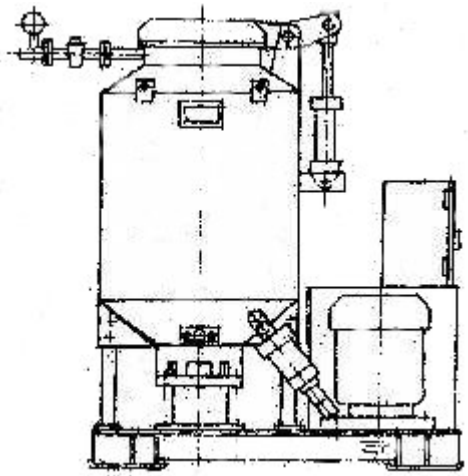
крупномасштабного производства обычного бетона. Сырой микрокремнезем смешивается с равным количеством воды и суспензируется с помощью высокомощных смесительных установок. Поэтому часто термин «микрокремнезем» употребляется по отношении к 50 % водной суспензии, если не указано иное.

Микрокремнезем для использования в бетоне получают только при производстве ферросилиция. Чистый микрокремнезем, образующийся в металло-кремниевом производстве, отличается высокой ценой и ограниченной сферой применения – промышленность огнеупорных материалов.

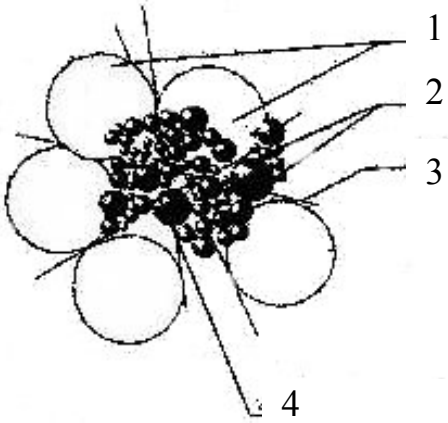
Интерес к применению микрокремнезема в бетонах обусловлен также проблемами охраны окружающей среды, усилением контроля загрязнения атмосферы, а также необходимостью экономии энергии в промышленности строительных материалов за счет частичной замены цемента промышленными отходами.

Другой сферой использования КП является производство суперлегкого теплоизоляционного пенобетона с содержанием в его структуре до 96 % воздушных пор, с пониженной плотностью и соответственно низкой теплопроводностью. Это достигается перемешиванием сырьевой смеси из портландцемента, водного раствора пенообразователя, кремнеземистого компонента и дисперсного волокна в турбулентном смесителе до образования гомогенного коллоидного раствора, при этом происходит физическая и химическая активация микроструктуры цементного теста. В качестве кремнеземистого компонента используют микрокремнезем, в качестве дисперсного волокна рубленый стекложгут или базальтовое волокно, или хризотил-асбест.

Асбест успешно используется человеком во многих сферах жизнедеятельности уже более 100 лет. Антиасбестная компания развернулась в 70 – 80-е годы прошлого века и была направлена на необоснованное запрещение асбеста по якобы экологическим соображениям. Однако исследования институтов и многочисленные лаборатории ратифицировали конвенцию Международной охраны труда (МОТ) за № 162. В России создана инструкция о Безопасном обращении с асбестом. Асбестовое волокно предварительно обрабатывают жидким стеклом в количестве 1,5 – 2,5 мас. % от сырьевой смеси.



Турбулентный смеситель имеет высокую скорость оборотов перемешивающего вала, что позволяет осуществлять процессы флокуляции и коагуляции сырьевой смеси. Основными составляющими полученного материала являются воздушные сферы, образованные пенообразователем, и сферы контракционной и капиллярной природы.



Пространство между сферами является структурой межпоровых перегородок, которые создают несущий скелет пенобетона. Доля перегородок в скелете пенобетона составляет 22 – 44 % общего объема пенобетонного камня. В этот объем включается цемент (4), микрокремнезем (2), дисперсное волокно (3), выполняющее функцию дисперсной арматуры и воздух (1). Микрокремнезем является структурообразующим элементом, обеспечивающим упрочнение структуры, ее предварительную флокуляцию. Все эти компоненты обеспечивают получение сверхлегкого пенобетона.

Утилизация КП, являющейся отходом производства ферросилиция, позволяет решить проблемы защиты окружающей среды от воздействия промышленной пыли и получать дополнительный побочный продукт, являющимся ценным компонентов при решении задач в смежных производствах.

Библиографический список

1. Д. Дж. Паркер, Concrete Society, Current Practice Sheet.
2. В.И. Удачкин, В.М. Смирнов, Строительство и бизнес, № 8 (36), 2003 г. http://www.stromros.ru/public/art2003-08_02.htm
3. Конференция «Пенобетон-2003», г. Белгород, Государственный технический университет им. В. Г. Шухова, «Пенобетон», патент от 7 июля 2003 года.

УДК 669:519.876:5

СХЕМА ЭНЕРГО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ АГРЕГАТА ТИПА СЭР

Цымбал В.П., Мочалов С.П., Оленников А.А.

Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

Создание представленного энерго-металлургического комплекса оказалось возможным благодаря разработке струйно-эмульсионного энерго-металлургического агрегата типа СЭР [1 – 3], который обладает рядом *следующих преимуществ.*

В первом реакторе этого агрегата самоорганизующем реакторе-осциляторе благодаря эффекту критического стечения двухфазной жидкости имеется возможность через эффект аэродинамического запирания соединительного канала создавать высокий потенциал давления, затем благодаря изоляции агрегата и стоящих за ним устройств утилизации энергии от атмосферы, можно проталкивать продукты реакций отходящих газов через все находящиеся за агрегатом устройства без использования дымососов и других побудителей давления высокотемпературных газов. При этом также используется работа расширения реакционных газов, что пока не сделано ни в одном из известных в мире металлургических агрегатах.

В этой схеме (рисунок 1) представлено несколько вариантов использования вторичной энергии металлургического агрегата 1.

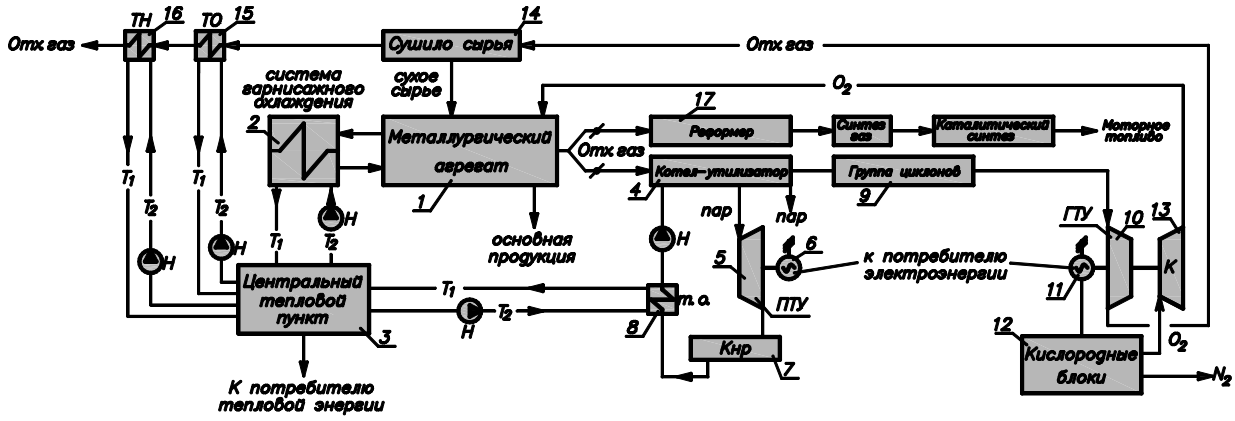


Рисунок 1 – Схема энерго-металлургического комплекса на основе агрегата типа СЭР

Прежде всего, следует отметить, что сам агрегат представляет собой по существу водогрейный котел.

Поскольку вместо огнеупорной кладки применяется гарнисажное охлаждение 2, агрегат держится на каркасе из охлаждаемых труб (рисунок 2), которыми утилизируется тепловая энергия, подаваемая в центральный тепловой пункт 3.

Тепловая энергия из системы охлаждения используется в виде товарной воды порядка 95 ^{0}С, которая применяется для отопления и других нужд.

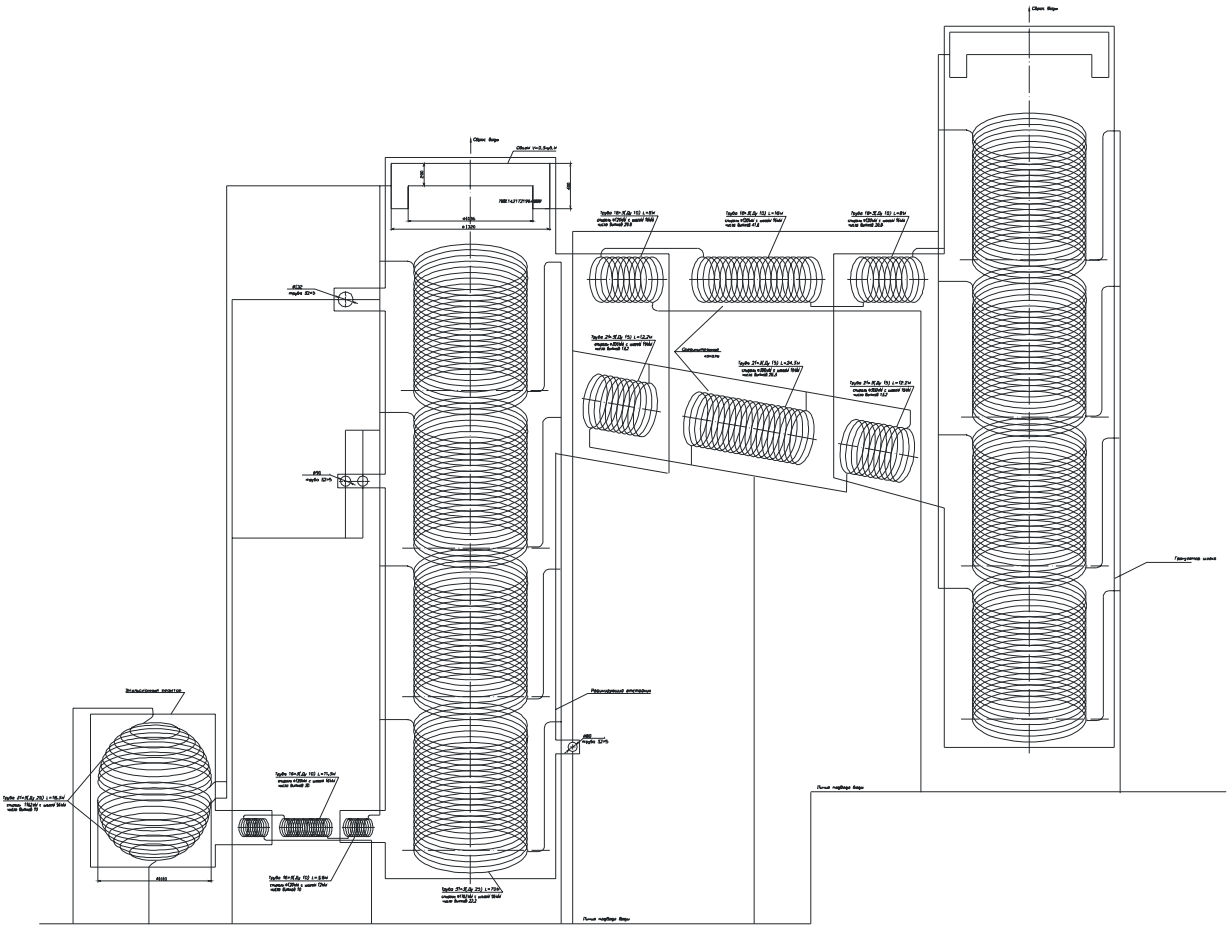


Рисунок 3 – Система гарнисажного охлаждения агрегата СЭР

Энергия отходящих газов может использоваться по нескольким направлениям.

Физическое тепло используется в котле-утилизаторе 4, затем выработанный пар подается на паровую турбину 5, где установлен электрогенератор 6, который вырабатывает электрическую энергию, используемую потребителями. Физическое тепло, через конденсатор 7 и теплообменник 8 подается в центральный тепловой пункт 3 для использования тепловой энергии в различных целях. Температура на этом этапе снижается с 1600 до 800 ^{0}С. Остальное тепло после газоочистки 9 подается в газотурбинную установку 10, где генератором 11 вырабатывается электроэнергия, которая используется в кислородных блоках 12. Кислород компрессором 13, находящимся на валу газовой турбины 10 подается в металлургический агрегат 1. Использование кислорода в металлургическом агрегате позволяет избавиться от азота в отходящих газах и существенно упростить газоочистные системы, а также улучшить экологию за счет исключения оксидов азота. Товарный азот в свою очередь используется для технологических целей. Температура газов в газовой турбине

снижается с 800 ^{0}С до 200 – 300 ^{0}С. Далее газ с данной температурой подается в сушила 14, где температура газов может быть снижена до 50 ^{0}С и с помощью теплообменника 15 также используется для производства товарной воды.

Заключительной ступенью является тепловой насос 16 в котором используется низкопотенциальное тепло от 50 ^{0}С до 20 ^{0}С.

Таким образом, благодаря повышенному давлению и полному замыканию процесса в объеме самого технологического агрегата и в рассмотренных цепочках теплоутилизирующих устройств практически весь температурный потенциал физического тепла продуктов горения (от 1650 ^{0}С до 20 ^{0}С) и их химический потенциал используются в тех или иных теплоутилизирующих устройствах.

Если все тепло, затраченное на нагрев металла и шлака считать как полезно использованное (в принципе можно утилизировать и также тепло остывающего металла и шлака), то в данной схеме энергия исходного топлива, шихтовых материалов и химических реакций используется почти на 100 %.

Если же считать сквозной энергетический КПД по получаемым продуктам вторичного использования энергии, то он зависит от того, какие из представленных в схеме вариантов используются для утилизации тепла: получение горячей воды, пара, электрической энергии или синтез-газа.

В этом смысле наиболее эффективным вариантом является химическая регенерация энергии в реформере газа с получением энергетического или синтез-газа. В этом случае можно получить полностью бездымный процесс, поскольку отходящие газы (дым) путем пропускания их через решетку с раскаленным коксом и вдувания пара преобразовываются в высококалорийный газ или даже в синтез-газ, пригодный для получения экологически чистого моторного топлива, например, демитилового эфира. При этом температура продуктов горения снижается, например, с 1650 ^{0}С до 700 – 800 ^{0}С, то есть физическое тепло превращается в химическую энергию более калорийного и весьма ценного газа. Таким образом, на этом этапе вся физическая и химическая энергия дыма используется полностью.

Интересной представляется, выходящая за пределы этой схемы комбинация агрегата типа СЭР с паровыми котлами тепло- и электроснабжения или котлами мини-ТЭЦ.

В этом случае исключается необходимость строительства газоочистки и котла утилизатора, поскольку отходящие газы агрегата СЭР являются добавкой к основному пылеугольному топливу. В то же время в золах ТЭЦ содержится 8 – 12 % (а иногда и более) оксидов

железа в удобной для магнитного обогащения модификации. Получаемая при этом отмагниченная фракция с содержанием более 50 % оксидов железа является сырьем для получения железа в агрегате СЭР.

Библиографический список

1. Запсиб: в Сибири рождается альтернативная наукоемкая металлургия постиндустриальной эпохи./В. Цымбал, Б. Кустов, Р. Айзатулов, С. Мочалов, К. Шакиров // Металлы Евразии, 1996, № 8. - С. 114-117.
2. European Patent. International number PCT/RU93/00325. Process for the continuous refining of metal and a facility for carrying out said process / V.P. Tsymbal, S.P. Mochalov, K.M. Shakirov a.e. // International publication number WO 95/18238. - 1995.
3. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учеб. пособие/ Под редакцией В.П. Цымбала. СибГИУ – Новокузнецк, 2005. - 264 с.
4. Цымбал В.П., Мочалов С.П. В разделенных потоках. О новых способе и агрегате переработки природно-легированных руд и получения металлов. // Металлы Евразии, 2006, № 6. – С. 78-80.

СТУДЕНЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

УДК 666.952.1

ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТАЛЕЛИТЕЙНЫХ КОНВЕРТОРНЫХ ШЛАКОВ

Вольф О.А., Базарова М.И.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Использование сталелитейных шлаков в качестве сырья при создании нового поколения строительных материалов – одно из наиболее важных направлений в решении проблем экологической безопасности.

При проведении научно-исследовательской работы по разработке бесцементного вяжущего на основе сталелитейного конверторного шлака ОАО «ЗСМК», были поставлены задачи по исследованию:

– химического состава;

– гранулометрического состава;

– физико-механических свойств.

В работе использовался конверторный шлак текущего выхода ОАО «ЗСМК», представляющий собой искусственный щебень с зернами различного размера (от 0 до 80 см.). В конверторных шлаках содержится до 18 % металлического железа в виде различного рода включений корольков и скрапа.

Химический состав приведен в таблице 1

Таблица 1 – Химический состав шлака текущего выхода ОАО «ЗСМК»

Наименование оксидов	Массовая доля элемента, %	
	Шлак окислительного периода плавки	Шлак восстановительного периода плавки
SiO_2	22,2	35,1
Al_2O_3	5,5	8,43
Fe_2O_3	26,9	1,92
FeO	23,0	2,8
MnO	10,43	1,14
CaO	16,5	29,0
MgO	16,8	20,5
SO_3	0,05	0,04
P_2O_5	0,4	0,14

П.П.П (потери при прокаливании)	-	0,15

Шлаки включают оксиды многих элементов. Состав их непостоянен, но изменяется в небольших пределах.

По гранулометрическому составу конверторные шлаки содержат большое количество мелкой фракции. Материал крупнее 20 мм составляет около 5 0%, 40 мм – около 30 %. Однако в шлаке имеются куски крупнее 90 мм, достигающие размера в поперечнике до 300 – 400 мм, которые для дальнейшего использования подлежат сортировке или дроблению.

В шлаковом отделении конверторного цеха № 2, первой очереди Западно-Сибирского металлургического комбината осуществляется термодробление шлаков секционным способом.

Слив шлака производится на два участка. На одном из участков шлак охлаждается, на другом для дальнейшей переработки или непосредственного использования осуществляется рыхление и отгрузка в самосвалы. Участок для переработки охлаждённых шлаков из разливочных пролётов оборудован крановой эстакадой. Для комплексного использования шлаков предусмотрено дробильно-сортировочное отделение, расположенное на территории комбината.

На первом этапе, производится сепарация крупных включений металла (до 8 %). Стальной скрап, свободный от шлаковых наростов и примесей, крупностью 300 – 100 мм используется для конверторного производства.

Оставшийся шлак подвергается механической активации - дроблению, грохочению, и измельчению на шаровой мельнице до удельной поверхности 300 – 320 $м^2$/кг.

Для обоснования возможности применения конверторных шлаков текущего выхода в составе вяжущей смеси, по ГОСТ 310.2-76, и ГОСТ 310.3-76 (2003) определялись основные физико-механические свойства:

Плотность – характеризует массу единицы объема материала в естественном состоянии. Это важная физическая характеристика определяется путем деления массы *М* образца на его объем ν_0 и выражается $p = M / \nu_0$ в г/$см^3$, кг/$м^3$ или кг/$дм^3$. Плотность конверторного шлака в куске – 2,7…..3,5 г/$см^3$.

Насыпная (объемная) плотность – это масса единицы объема рыхло насыпанных зернистых или волокнистых материалов. В ее величине отражается влияние не только пор в каждом зерне или куске, но и межзерновых пустот в рыхлом насыпном объеме материала. Насыпная плотность исследуемого шлака – 1,65…..1,75 кг/$м^3$.

Дробимость – показатель необходимой предварительной переработки шлака (дробления, грохочения, иногда измельчения) перед применением. По дробимости в цилиндре в сухом состоянии, конверторные шлаки относятся ко II классу прочности, что составляет – 4,3…..16,3 %.

Истираемость – потеря первоначальной массы образца материала, отнесенной к площади поверхности истирания. Истираемость исследуемого шлака – 5 ÷ 12…..25 %.

Активность – показатель определения качества шлака. Активность шлака зависит от минерального и фазового состава, а также от дисперсного состояния. Активность конверторного шлака – 0,6…..5,4 ÷ 18 МПа. Установлено, что в случае грануляции активность его повышается до 4…..18 МПа.

Прочность – характеризует способность материала в определенных условиях и пределах, не разрушаясь, сопротивляться внутренним напряжениям и деформациям, возникающим под влиянием механических, тепловых и других напряжений. После размола на шаровой мельнице до тонкости помола 300 $м^2$/кг максимальная прочность исследуемого шлака – 41,8 МПа.

В результате предварительных исследований конверторных шлаков ОАО «ЗСМК» установлено:

– химический анализ показал недостаточное количество оксида кальция для получения (без добавок) бесцементного вяжущего;

– для подбора добавки-активизатора необходимы дополнительные исследования: определение минералогического состава и основности материала.

Таким образом, разработка бесцементного вяжущего с использованием конверторного шлака текущего выхода ОАО «ЗСМК» позволит создать новое поколение строительных материалов тем самым уменьшив материальные затраты предприятия на мероприятия по их утилизации.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Павленко С.И.

УДК 504 (1-21)

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПОЧВЫ ГОРОДА НОВОКУЗНЕЦКА

ФРАНК А.С., ХАБАРОВА Е.В.

Кузбасская государственная педагогическая академия г. Новокузнецк

Техногенное воздействие является ведущим по значимости и масштабам фактором, определяющим эколого-экономическое состояние экосистемы городов. На урбанизированных территориях происходит комплексная трансформация среды, затрагивающая все ее составляющие – биоту, лито-, атмо- и педосферу. Почвенный слой является буферной зоной и принимает основную долю нагрузки от всех видов хозяйственной деятельности человека. Почвы крупных городов загрязняются не только бытовыми отбросами, но и заводы, фабрики, шахты выбрасывают в воздух огромное количество пыли, газов, которые, попадая в почву, сильно изменяют концентрацию и состав почвенного раствора. При строительных работах, создании подземных коммуникаций, планировки местности в городах возникают совершенно новые искусственные насыпные или перемешанные почвы, резко отличающиеся от естественных по своим физико-химическим свойствам. Почва представляет собой сложную, постоянно меняющуюся среду, где непрерывно совершается синтез и разрушение органического вещества, круговорот зольной и азотной пищи, а в условиях интенсивного антропогенного воздействия аккумуляция и преобразование продуктов техногенеза. Поэтому влияние городской экосистемы на происходящие почвенные процессы является актуальным вопросом в современных исследованиях, вследствие того, что городская среда постепенно вносит изменения в свойства почвы.

При исследовании была поставлена основная цель – выявить источники загрязнения почв городской зоны и определить их влияние на изменение некоторых свойств почв города. Для исследования были отобраны образцы по зонам загрязнения (Абагур, Кузнецкий, Орджоникидзевский, Заводский и Центральный районов), за контроль был взят выщелоченный чернозем в поселке Рассвет, находящийся в 20 км от городской зоны.

Город Новокузнецк расположен на юге Кузнецкой котловины и занимает, в основном, пойменную часть долины реки Томи и ее притоков Абы и Кондомы. Наиболее распространенными почвами

естественных, ненарушенных массивов являются пойменно-аллювиально-слоистые и аллювиально-луговые на галечниках и супесях, по старицам и пересохшим озерам – торфяно-болотные почвы и торфяники [5]. На возвышенных террасах – серые лесные, темно-серые лесные почвы и тяжелосуглинистые оподзоленные черноземы. Почвы городской зоны подвергаются разным по интенсивности антропогенным воздействиям (загрязнение, захламление, снятие поверхностного почвенного слоя, создание поверхностных образований из природного или искусственного материала, уничтожение в результате строительства и т.д.) и представляют собой в системе таксономических единиц классификации антропогенно – преобразованные почвы.

В 1960 г. Западно-Сибирское геологическое управление, проводя металлометрическую съемку Новокузнецкого района, выявила многочисленные очаги загрязнения почв, приуроченные к крупным промышленным предприятиям [3]. В результате проведенных исследований в 90-е годы Институтом Почвоведения и Агрохимии СО РАН доктором биологических наук Ильиным В.Б. были выявлены зоны загрязнения почв тяжелыми металлами города Новокузнецка (по данным «Экологической карты Кемеровской области», 1996). По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды на 2006 год основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия, количество которых и объем выбрасываемых ими веществ отличается по административным районам (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение валовых выбросов загрязняющих веществ

Район	Доля выбросов в общем объеме, %
Заводский	53,8
Центральный	25,7
Орджоникидзевский	9,3
Кузнецкий	10,9
Куйбышевский	0,3
Ильинский	-

В Заводском районе города размещаются следующие крупные предприятия: «ЗСМК», Западно-Сибирская ТЭЦ, «Кузбассэнерго» наблюдается наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ, основными из которых являются оксид углерода, диоксид серы, окислы

азота. Атмосфера Центрального района наиболее загрязнена оксидом углерода сернистым ангидридом, окислами азота, выбросами специфических веществ коксохимического производства предприятий бывшего «КМК». Основные загрязнители: «КМК», Абагурская аглофабрика, «Кузнецкий цементный завод». Характерными для атмосферы Кузнецкого района являются выбросы оксида углерода, сернистого ангидрида, окислов азота, фтористого водорода. На территории Кузнецкого района сосредоточенны предприятия: «Новокузнецкий алюминиевый завод», «Кузнецкие ферросплавы», Кузнецкая ТЭЦ, «Завод Универсал» и «Органика». В Куйбышевском районе наибольший процент в общей массе выбросов загрязняющих веществ составляет оксид углерода, источниками которого является районные котельные [4].

Наибольший вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят предприятия металлургического производства, ранжирование которых по величине массы выбросов загрязняющих веществ различно (таблица 2).

Промышленные выбросы поступают в почву с атмосферными осадками, осаждающейся пылью и аэрозолями, при непосредственном поглощении почвой газообразных соединений.

Таблица 2 – Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятий металлургического производства и производства готовых изделий

Основные промышленные предприятия	Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. тонн	ПДВ, тыс. тонн	Доля вклада, %
Выброшено всего предприятиями металлургического производства и производства готовых изделий, в том числе:	359,042	361,163	100
«ЗСМК»	208,048	215,396	57,9
«Евразруда»	74,127	85,004	20,6
«Новокузнецкий алюминиевый завод»	25,666	24,140	72
«НМК»	19,470	13,968	5,4
«Сталь НК»	16,347	7,616	4,6
«Кузнецкие ферросплавы»	10,420	9,186	2,9
Прочие предприятия	4,964	5,853	1,4

Особое значение имеет проблема насыщения почвы тяжелыми металлами [2].Главный источник их поступления – выбросы при высокотемпературных технологических процессах – сжигании топлива, цветной и черной металлургии, обжиге цементного сырья, производстве минеральных удобрений. Металлургические предприятия ежегодно выбрасывают на поверхность земли сотни тысяч тонн меди, цинка, кобальта, десятки тысяч тонн свинца, ртути, никеля. В каменных углях и нефти присутствует примеси тяжелых металлов. Пыль, газы, шлак, зола увеличивают содержание таких вредных для растений элементов, как свинец.

Накопление в почве токсикантов и продуктов их взаимодействия с минеральными и органическими компонентами приводит к изменению ее химического состава и физико-химических свойств. В результате подобных изменений почва сама может стать средой токсичной для роста и развития растений, источником загрязнения промышленными выбросами и продуктами их трансформации других компонентов биосферы. При загрязнении почв тяжелыми металлами и токсическими окислами происходит изменение биологической активности почв, замедление разложения лигнина, образование труднорастворимых металлоорганических соединений.

В результате исследований было выявлено, что почвы городской зоны значительно отличаются от зональных естественных почв (чернозем выщелоченный, пос. Рассвет), т.к. их развитие происходит в определенных условиях (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительные данные по административным районам г. Новокузнецка.

Районы	pH водная	P_2O_5, мг/г почвы	K_2O, мг/г почвы,	Содержание зернистой фракции, %, оструктуренность	Плотность почвы, г/см^3
Кузнецкий	7,2	2,5	8,4	52 средняя	1,4
Орджоникидзевский	7,4	4,0	10,0	42 плохая	1,6
Станция Островская	7,6	4,5	18,0	40 плохая	1,7
Абагур	7,2	3,3	6,2	45 плохая	1,3
Пос. Рассвет Новокузнецкий р-н	6,6	22,2	21,0	75 хорошая	1,1

Почвы загрязнены хлоридами, сульфатами, карбонатами. Количество нитратов невелико, оно стоит в обратной зависимости от содержания общего азота и органического углерода в почве [1]. Надо

полагать, что вследствие недостатка кислорода в почвенном воздухе или других причин процесс нитрификации подавлен или меняется расход нитратов на денитрификацию. Процесс денитрификации особо ярко выражен в слое почвы до 0,5 м как на улицах, так и во дворах. Из воднорастворимых азотистых соединений преобладает аммонийная форма, особенно в почвах сильно загрязненных дворов. Условия увлажнения, скважность почвы и степень ее загрязнения таковы, что аэробные окислительные процессы подавленны и, вероятно, часть нитратов идет на окисление органического вещества, а в почвах сильно загрязненных дворов превращение азотистых соединений задерживается на стадии аммиака. Аэробная флора представлена преимущественно спорогенными сапрофитными палочками, неспорогенными палочками, сапрофитными кокками, дрожжами и плесенями [2].

Своеобразный водный режим, резко ослабленные водо- и воздухопроницаемость, загрязнение почв легкоразлагающимися органическими веществами мусора, жидких и твердых бытовых отбросов приводит к обогащению их солями и заболачиванию. Это происходит за счет дополнительного прихода влаги, воды жидких выделений помоев, поверхностных вод и увеличения внутреннего стока. Расход воды зависит от степени благоустройства города, от того, насколько он канализован, какая часть его площадей и улиц замощены и заасфальтированы. Чаще всего почвы города характеризуются пониженным расходом влаги и за счет ухудшения ее структуры и повышенной плотности. Признаки заболачивания идут параллельно с явлениями засоления и солонцовыми процессами, взаимно влияя, и дополняя друг друга. Почва во всех районах оказалась щелочной и варьировала в пределах от 7,0 до 7,6 pH, это можно объяснить тем, что при отсутствии протекающих осолоделых процессов, естественным источником солей, особенно щелочей, служат мыльные воды, жидкие и твердые выделения людей, животных.

В современных городах уменьшается площадь естественного почвенного покрова за счет строительства жилых массивов, новых предприятий, прокладки дорог, газопроводов и линий электропередач. Сохранившиеся естественные почвы испытывают антропогенные изменения. Наблюдаемые процессы трансформации почв урбанизированных территорий нельзя назвать полной их деградацией, т.к. представляют собой результат естественной реакции почв в условиях измененной человеком среде. Антропогенно - преобразованые почвы городов, существенно отличающихся от почв естественных ненарушенных ландшафтов принято относить к урбаноземам [6], а

территории, занятые городами и населенными пунктами предложено выделять в особые биогеохимические микропровинции.

Библиографический список

1. Гантимуров И.И. Научные основы изучения почвенных условий в городах / И.И. Гантимуров, Ф. Н. Баширова. – Новосибирск: Редакционно-издательский отдел Сибирского отделения АН СССР, 1964. – 9 с.
2. Гришина Л. А. Влияние атмосферного загрязнения на свойства почвы / Л. А. Гришина. – М.: Изд-во московского университета, 1990. – 133 с.
3. Баширова Ф.Н. Некоторые показатели промышленного и бытового загрязнения почв в городах Кузбасса / Ф.Н. Баширова // Растительность и промышленные загрязнения. – Свердловск, 1966. – С. 79 – 82.
4. О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области: Гос. Доклад за 2006 г. / Администрация Кемеровской области. – Кемерово: 2006. – 89 с.
5. Трофимов С.С. Почвы Кемеровской области и некоторые вопросы химизации и интенсификации земледелия / С.С. Трофимов // Почвы Кузбасса. – Кемерово, 1964. – С. 3 – 28.
6. Шишов Л.Л. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент Глебова О.И.

УДК

ПРИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Кипреев М.С.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Проблема утилизации изделий из полимеров вышедших из употребления в настоящее время остается острой. Огромное количество пластикового мусора находится на городских свалках. Применение отходов пластмасс в строительстве – одно из перспективных направлений.

Предлагается технология производства строительных материалов из полимерных отходов и песка. Черепица и тротуарная плитка, изготовленные из полимерно-песчаной композиции долговечные. Полимерно-песчаная черепица применяется для устройства кровель жилых, гражданских, сельскохозяйственных зданий любой длины для односкатных, двускатных и четырехскатных крыш. Одним из достоинств полимерно-песчаной черепичной кровли является огнестойкость, особенно это важно для сельской местности, где большинство зданий из не огнестойких материалов. Полимерно-песчаная черепица обладает стойкостью против атмосферных и химических воздействий. Полимерно-песчаная черепица имеет низкий коэффициент водопоглощения, что повышает прочностные характеристики и позволяет использовать ее в любых климатических условиях (- 65 ^{o}C до 200 ^{o}C).

Полимерно-песчаная черепица по сравнению с керамической имеет большую точность размеров, высокую прочность и стойкость к атмосферным воздействиям, выпускается различных цветов. Расход электрической энергии ниже, чем на производство цементно-песчаной (включая расход энергии на производство цемента) и керамической.

Полимерно-песчаная черепица абсолютно не чувствительна к жаре и морозу, граду и урагану, кислотным дождям, обладает высокой шумоизоляцией, ударопрочна, экологически безвредна, долговечна, а полимерная основа защищает от выцветания, гниения и покрытия плесенью.

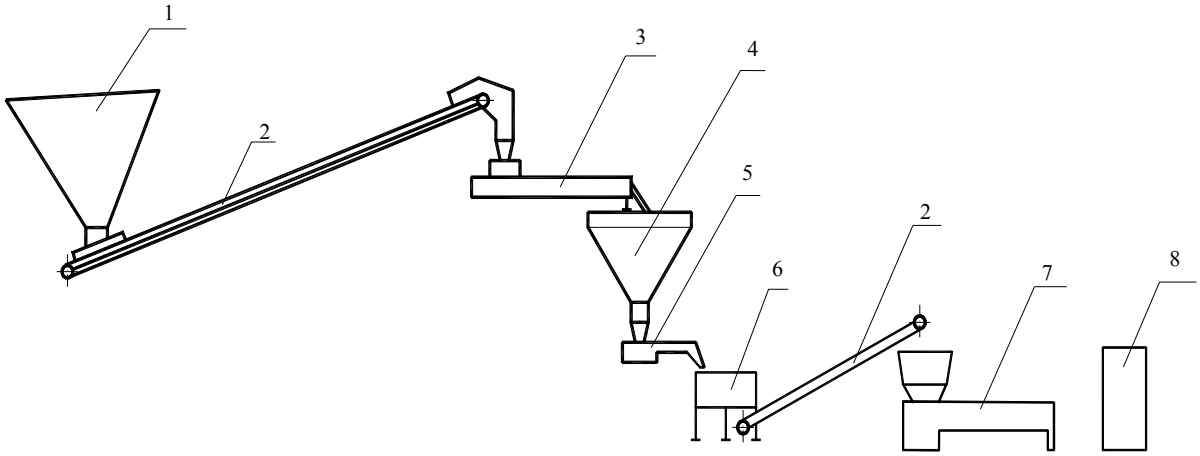
Полимерно-песчаная композиция хорошо окрашивается, а изделия из нее имеют привлекательный вид.

Для изготовления полимерно-песчаной черепицы используются отходы полимеров, кварцевый песок и краситель. Песок должен быть сухим, просеянным без глинистых и пылевидных включений фракции до 3 мм. В качестве связующего используются полимерные отходы в различных видах: упаковка, пластиковая тара, пришедшие в негодность изделия быта.

В производстве черепицы из полимерно-песчаной композиции применяется следующее основное технологическое оборудование, выпускаемое ООО «Производственный комплекс Полимер-маш»: дробилка полимеров; экструзионная машина; плавильно-нагревательный агрегат; агрегат для сушки песка; формовочный узел (пресс и комплект форм); стол для охлаждений изделий.

Технологический процесс производства полимерно-песчаной черепицы включает следующие этапы: подготовка отходов полимера (дробление); сушка песка; подготовка полимерной массы; получение

полимерно-песчаной смеси; получение полимерно-песчаной композиции; формование черепицы, складирование готовой продукции. Технологическая схема приведена на рисунке 1.



1 – бункер песка; 2 – ленточный конвейер; 3 – агрегат для сушки песка; 4 – бункер сухого песка; 5 – дозатор; 6 – смеситель; 7 – агрегат плавильно-нагревательный; 8 – формовочный узел

Рисунок 1 – Схема производства полимерно-песчаной черепицы

Песок со склада доставляется автопогрузчиком в приемный бункер, из которого ленточным конвейером подается в агрегат для сушки, где высушивается до влажности не более 1 %. Затем из сушильного агрегата самотеком поступает в расходный бункер. Если использовать сырой песок, то в процессе нагрева будет происходить выделение газов, приводящее к порообразованию в изделии.

В качестве полимеров применяется бутылки, пленка, изделия из пластмассы, которые в цех доставляются с помощью погрузчика.

На первом этапе отобранные и отсортированные пластики измельчаются на дробилке полимеров. Размер измельченных отходов полимеров до 30 мм и получается так называемый «гранулят».

Подготовка полимерной массы. После первого измельчения отходы пластиков подаются в экструзионную машину для нагрева и пластикации. В структуре полимерных отходов большое место занимают плёнки полиэтилена и полипропилена. Количество пленки должно быть не меньше 10 % по массе. Полученную полимерную массу, вязкой консистенции, оператор снимает рукавицей на выходе из экструзионного узла линии и, сваляв руками шар (агломерат размером до 100 мм) бросает в воду для охлаждения. Вынутый из воды, не с

твердым основанием, но уже затвердевший агломерат быстро сохнет. Затем агломерат подвергается повторному измельчению в дробилке, в щепу с размером фракции до 1-10 мм. Таким образом, получается готовое сырьё для полимерно-песчаной смеси.

Получение полимерно-песчаной смеси осуществляется следующим образом. Из расходного бункера сухой песок ленточным конвейером поступает в ленточный питатель, который дозирует его в смеситель. Для перемешивания полимерно-песчаной смеси используется смеситель принудительного действия, чтобы гранулят, песок и пигмент хорошо перемешивались. Качественное перемешивание составляющих смеси обеспечивает пятилопастной роторный активатор. Выгрузка смеси производится через донный затвор секторного типа на ленточный конвейер.

Следующим этапом является *получение полимерно-песчаной композиции.* Получение полимерно-песчаной массы из полимерно-песчаной смеси происходит в термосмесительном агрегате (агрегат плавильно – нагревательный (АПН)), куда смесь подается с помощью ленточных конвейеров. АПН обеспечивает полный расплав полимера и качественное смешивание с песком. Полученная полимер-песчаная масса с температурой около 170 – 190 °С выдавливается из плавильно – нагревательного агрегата.

*Формование черепицы***.** Оператор отрезает ножом кусок массы, выходящий из плавильно-нагревательного агрегата, взвешивает на весах, и, получив нужное количество (около 2-х кг), укладывает в форму, установленную на гидравлическом прессе с подвижной нижней плитой.

Отформованная и охлажденная черепица сортируется и укладывается в контейнеры, которые электрокаром вывозятся на склад готовой продукции.

Запроектирована технологическая линия с механизированной подачей песка и приготовления полимерно-песчаной смеси с применением оборудования для производства черепицы на основе полимерно-песчаной композиции, выпускаемого ООО «Производственный комплекс Полимер-маш».

Реализация этого проекта позволит утилизировать полимерные отходы и получать экологически безопасные строительные материалы.

Производство высокорентабельное, а отсутствие конкуренции и качество выпускаемой продукции гарантирует высокую прибыль при небольших затратах.

Научный руководитель: Уточкина Л.К.

УДК: 666.97.03:669.162.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

БУГРИМОВА Н.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В настоящее время в строительстве широко используются шлаки металлургического производства. Электросталеплавильный шлак – это шлак при получении стали в мартенах, по классификации промышленных отходов он относится к группе Б, то есть прошел термическую обработку в процессе образования. По внешнему виду это кусковидный материал. Зола-унос ТЭЦ КМК – представляет собой тонкодисперсный сыпучий материал с удельной поверхностью S = 200 – 300 $м^2$/кг.

Целью данной работы является определение пригодности электросталеплавильного шлака и золы-унос ТЭЦ КМК для производства строительных материалов и изделий, применяемых в жилищном и гражданском строительстве.

В работе решены следующие задачи: исследована радиоактивность и токсичность техногенных продуктов; определена стойкость шлака к силикатному и железистому распадам; определено качество и сорт электросталеплавильного шлака как сырья для производства цемента; осуществлен расчет состава шихты (шлак + зола).

Химический состав исходных материалов приведен к 100%. Определяется путем умножения процентного соотношения оксидов каждого из материалов на соответствующий поправочный коэффициент К (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов в %

Материал	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	FeO	MnO	K_2O, Na_2O	P_2O_5	SO_3	Σ
Шлак	24	5,7	45	9,3	-	13,2	0,6	-	2,11	-	99,91
Зола	48	20,8	6,6	2,0	7,5	-	-	2,7	-	0,21	87,81
Приведенный к 100 %											
Шлак	24,02	5,71	45,04	9,308	-	13,212	0,6	-	2,11	-	100
Зола	54,67	23,68	7,52	2,28	8,54	-	-	3,07	-	0,24	100

Переходной коэффициент К для шлака и золы определяется по формулам:

$$К_{шлака} = \frac{100}{\Sigma} = \frac{100}{99,91} = 1,0009, \; К_{золы} = \frac{100}{\Sigma} = \frac{100}{87,81} = 1,139.$$

Результаты исследований на радиоактивность и токсичность показали, что электросталеплавильный шлак КМК и зола не радиоактивны, так как суммарная удельная активность ($А_{эфф}$) не превышает 370 Бк/кг, то есть данные материалы пригодны для всех видов строительства. Радиоактивными элементами являются Ra^{226}, Th^{232}, K^{40}. Эти материалы не токсичны, так как содержание в них канцерогенных токсичных веществ и элементов не превышает ПДК. К токсичным элементам относятся марганец и его соединения, мышьяк, двуокись азота, оксид углерода, ртуть, свинец и его соединения, сажа, серная кислота, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод, фтор и фтористый водород, хлористый водород. Их количество определяется в мг на 1 $м^3$ воздуха.

При *исследовании техногенных продуктов как заполнителя* проводят испытания на распад (рассыпание).

Известно, что с повышением в сырье содержания CaO (> 40 %) оно склонно к *силикатному распаду*. Происходит это потому, что находящийся в шлаке минерал – двухкальциевый силикат ($2CaO \cdot SiO_2$) из неустойчивой формы переходит в стабильное состояние, что сопровождается увеличением его объема на 10%. В результате шлак растрескивается и рассыпается. Это явление известно под названием *силикатного распада*.

Зная химический состав (таблица 1), можно оценить устойчивость шлакового заполнителя к распаду по формулам:

$$SiO_{2\,min} = \frac{100 - \sum RO}{2,5} = \frac{100 - 30,94}{2,5} = 27,624 \qquad (а)$$

$$CaO_{max} = \frac{100 - \sum RO}{1,8} = \frac{100 - 30,94}{1,8} = 38,37 \qquad (б)$$

где RO – сумма всех оксидов заполнителя, за исключением CaO и SiO_2:

$$\sum RO = Al_2O_3 + MgO + FeO + MnO + P_2O_5 =$$
$$= 5,71 + 9,308 + 13,212 + 0,6 + 2,11 = 30,94.$$

Шлаки считаются распадающимися, если содержание SiO_2 меньше, а CaO больше, чем их количество, определенное расчетом по формулам (а) и (б).

$SiO_{2\,табл} = 24,02$, $24,02 < 27,624$, то есть $SiO_{2\,табл} < SiO_{2\,min}$; $CaO_{табл} =$

45,04, 45,04 > 38,37, то есть $CaO_{табл} > CaO_{max}$.

Расчеты показали, что исследуемый электросталеплавильный шлак не стоек против силикатного распада, значит, его нельзя применять как заполнитель, это подтверждает и повышенное содержание CaO (> 40 %).

Лабораторный метод определения стойкости к силикатному распаду заключается в попеременном насыщении водой и пропаривании навески материала (1 кг) одной фракции, например, 10 мм, ее предварительно взвешивают. Затем эту навеску просушивают, просеивают через сито, взвешивают и определяют потерю по массе. Если остаток на сите уменьшился не более чем на 1%, это свидетельствует о стойкости против силикатного распада исследуемого шлакового заполнителя. Лабораторные исследования на «распад» шлака подтвердили результаты расчета.

Разрушение заполнителя под действием воды происходит вследствие *железистого распада*. Это объясняется гидратацией сульфидов металла или сульфида железа FeS под влиянием атмосферной влаги по реакции: $FeS + H_2O = Fe(OH)_2 + H_2S$.

В результате этой реакции объем материала увеличивается на 38 %. Лабораторное исследование на железистый распад: навеску например 1 кг одной фракции (10 мм) заливают дистиллированной водой. После истечения 30 суток навеску заполнителя высушивают и просеивают через сито (10 мм). Заполнитель считается стойким к распаду, если потери по массе составляют не более 1 %.

Для определения качества и сорта электросталеплавильного шлака как *сырья для производства цемента* необходимо определить коэффициент качества, модуль основности, модуль активности и коэффициент основности силикатов.

Для характеристики шлака как компонента вяжущего применяют коэффициент качества K, который определяют по формулам:

При содержании MgO до 10 %

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2} \qquad (в)$$

При содержании MgO более 10 %

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + 10}{\%SiO_2 + \%TiO_2 + \%(MgO - 10)} \qquad (г)$$

Согласно ГОСТ 3476-74 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цемента», шлаки делятся на 3 сорта.

Так как содержание MgO = 9,308 %, то

$$K = \frac{\%CaO + \%Al_2O_3 + \%MgO}{\%SiO_2 + \%TiO_2} = \frac{45{,}04 + 5{,}71 + 9{,}308}{24{,}02} = 2{,}5$$

2,5 > 1,65, значит согласно ГОСТ 3476-74 исследуемый шлак относится к 1 сорту.

Модуль основности M_o шлака определяется отношением содержащихся в нем основных окислов к общей сумме кислотных окислов, %, и рассчитывается по формуле:

$$M_o = \frac{\%(CaO + MgO)}{\%(Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3)} = \frac{45{,}04 + 9{,}308}{24{,}02 + 5{,}71 + 6{,}606} = 1{,}5 \qquad (д)$$

По модулю основности шлаки делятся на: кислые $M_o<1$; нейтральные $M_o=1$; основные $M_o>1$. Так как $M_o=1{,}5>1$, то электросталеплавильный шлак относится к группе основных.

Модуль активности M_a характеризуется отношением, %, глинозема в шлаке к содержанию кремнезема.

$$M_a = \frac{\%Al_2O_3}{\%SiO_2} = \frac{5{,}71}{24{,}02} = 0{,}24 \qquad (е)$$

По модулю активности шлаки делятся на активные $M_a \geq 2{,}5$ и неактивные $M_a<2{,}5$, значит электросталеплавильный шлак неактивный (0,24<2,5) и как компонент вяжущего требует введения активизирующих добавок.

Для оценки качества шлака применен коэффициент основности силикатов ($K_{осн}$). Он используется для характеристики различных промышленных отходов, которые целенаправленно используются для производства тех или иных строительных материалов и изделий. Установлено, что вяжущие свойства проявляются у сырьевых материалов уже при $K_{осн}$ =1 и усиливаются по мере его роста до оптимального количества 1,2…1,6.

Коэффициент основности определяется по формуле:

$$K_{осн} = \frac{(CaO + 0{,}93MgO + 0{,}59K_2O + 0{,}9Na_2O) - (0{,}55Al_2O_3 + 0{,}35Fe_2O_3 + 0{,}7SO_3 + 1{,}28CO_2 + 1{,}33P_2O_5)}{0{,}93(SiO_2 + 0{,}62TiO_2 - 0{,}83FeO)}$$

По коэффициенту основности все материалы делятся на 5 групп: ультраосновные $K_{осн}$=1,6…+∞; основные $K_{осн}$=1,2…1,6; средние $K_{осн}$=0,8…1,2; кислые $K_{осн}$=0,0…0,8; ультракислые $K_{осн}$<0,0…-∞.

$$K_{осн} = \frac{(45{,}04 + 0{,}93 \cdot 9{,}308) - (0{,}55 \cdot 5{,}71 + 0{,}35 \cdot 6{,}606 + 1{,}33 \cdot 2{,}11)}{0{,}93 \cdot (24{,}02 - 0{,}83 \cdot 13{,}212)} = 3{,}7.$$

Электросталеплавильный шлак КМК относится к группе ультраосновных. Для применения его в качестве вяжущего необходимо понизить коэффициент основности до 1,6 путем введения кислого компонента, в качестве которого используется зола-унос ТЭЦ КМК,

для нее $M_о$=0,43, $K_{осн}$=-0,04, то есть она относится к группе ультракислых.

Расчет двухкомпонентной шихты для производства вяжущего определяется решением уравнения:

$$\frac{[(CaO+0{,}93MgO+0{,}6R_2O)-(n\cdot 0{,}93SiO_2+0{,}55Al_2O_3+0{,}35Fe_2O_3+0{,}7SO_3)]x}{(n\cdot 0{,}93SiO_2+0{,}55Al_2O_3+0{,}35Fe_2O_3+0{,}7SO_3)-(CaO+0{,}93MgO+0{,}6R_2O)}=1$$

где n = 1,6 – заданное для шихты значение $K_{осн}$;

x – количество массовых частей сырья с $K_{осн}$>1 на одну весовую часть сырья с $K_{осн}$<1.

$$\frac{[(45{,}04+0{,}93\cdot 9{,}308)-(1{,}6\cdot 0{,}93\cdot 24{,}02+0{,}55\cdot 5{,}71+0{,}35\cdot 6{,}606)]x}{(1{,}6\cdot 0{,}93\cdot 54{,}67+0{,}55\cdot 23{,}68+0{,}35\cdot 8{,}54+0{,}7\cdot 0{,}24)-(7{,}52+0{,}93\cdot 2{,}28+0{,}6\cdot 3{,}07)}=1$$

x = 6,9.

Для определения процентного соотношения компонентов смеси, составляется пропорция:7,9 – 100%, 6,9 – X, тогда содержание компонента, принятого при расчете за X:

X = (100 ·6,9)/7,9 = 87,3%.

Для получения вяжущего необходимо на одну часть золы-унос добавить 6,9 частей электросталеплавильного шлака, то есть соотношение зола:шлак=1:6,9, а в процентах – 12,7:87,3.

Пересчет процентного содержания оксида каждого из компонентов смеси ведется путем умножения их значения (таблица 1) на полученное процентное содержание данного компонента в сырьевой смеси (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав сырьевой смеси в %

Материал	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	FeO	MnO	K_2O, Na_2O	P_2O_5	SO_3	Σ
Шлак (87,3%)	20,97	4,98	39,32	8,13	-	11,53	0,52	-	1,84	-	87,29
Зола (12,7%)	6,94	3,01	0,97	0,29	1,08	-	-	0,39	-	0,03	12,71
Сырьевая смесь, %	27,91	7,99	40,29	8,42	1,08	11,53	0,52	0,39	1,84	0,03	100

Итак, электросталеплавильный шлак не радиоактивен и не токсичен; исследования шлака к устойчивости против силикатного распада показали, что данный шлак рассыпающийся, то есть не пригоден в качестве заполнителя в бетон, но его можно применять в качестве вяжущего путем добавления активизатора – золы-унос при соотношении компонентов в частях – зола:шлак = 1:6,9, а в процентах – 12,7:87,3. Полученное вяжущее для повышения активности требует измельчения до $S_{уд}$ > 350 м^2/кг и тепловую обработку паром (ТВО,

автоклав).

Научный руководитель: к.т.н., доцент Панова В.Ф.

УДК 666.762.14.001.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ГЛИН БАРЗАССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ

Горшков Д.Г.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В настоящее время в Кузбассе открыто и начинает осваиваться Барзасское (на севере Кузбасса) месторождение огнеупорных глин. Этот материал позволит организовать производство огнестойкой керамики в регионе и отказаться от весьма дорогих привозных.

С осваиваемого в настоящее время Единисского участка Барзасского месторождения огнеупорных глин было отобрано 3 пробы: № 48, 49 и 70. Пробы отбирались на участке совместно с геолого-разведочной партией.

Исследования проводились в ИЦ «СМИК Кузбасс» и химической лаборатории СибГИУ.

Результаты химического анализа, проводившегося в лаборатории СибГИУ, приведены в таблице 1 (без химического анализа на содержание ионов в водной вытяжке).

Таблица 1 – Результаты химического анализа глин

Наименование материалов	SiO_2, %	Al_2O_3, %	Fe_2O_3, %	ППП, %	CaO, %	MgO, %
Проба № 48 – глина огнеупорная серовато-белого цвета, марки ВО 1, глубина отбора 7,0 – 7,5 м	35,2	39,4	2,72	16,41	0,45	-
Проба № 49 – кора выветривания, переслаивание белой и желтой глин, глубина отбора 9,5 – 10,0 м	37,5	33,9	7,93	14,42	0,30	-
Проба № 70 – глина огнеупорная, сорта О-1, глубина отбора 7,5 – 9,3 м	39,8	31,5	9,71	13,53	0,74	-

Из трех исследованных в ИЦ «СМИК Кузбасс» проб глин лучшие показатели для синтеза огнестойкой керамики имеет глина пробы №48 серовато-белого цвета. В ней наименьшее количество примесей, в том числе железа, наибольшее содержание корунда (Al_2O_3), меньший остаток на сите 0,063. В таблице 2 приведены данные (до механохимической переработки) по исследованию химического (оксидного) состава и содержанию ионов в водной вытяжке трех проб месторождения.

Таблица 2 – Результаты химического анализа трех проб и остаток на сите 0,063, %

Наименование материалов	SiO_2, %	Al_2O_3, %	Fe_2O_3, %	TiO_2, %	ППП, %	Остаток на сите № 0063, %	Свободный SiO_2, %	Содержание ионов в водной вытяжке, мг-экв/дм^3			
								SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Проба №48-глина огнеупорная серовато-белого цвета, марки ВО 1, глубина отбора 7,0-7,5 м.	37,31	37,19	2,42	6,23	15,77	1,73	26,08	0,39	н/о	0,09	0,18
Проба №49-кора выветривания, переслаивание белой и желтой глин, глубина отбора 9,5-10,0 м.	39,91	32,08	8,68	4,76	13,47	5,35	17,23	0,51	н/о	0,11	0,07
Проба №70-глина огнеупорная, сорта О-1, глубина отбора 7,5-9,3 м.	41,60	34,51	2,07	5,76	14,41	2,35	32,14	0,71	н/о	0,18	0,05

В результате сравнения мы видим, что расхождения массовых долей элементов между данными лабораторий невелики. Наибольшее соответствие имеет проба № 48. Небольшие расхождения имеют пробы № 49 и № 70 в содержании корунда (Al_2O_3).

Химический анализ глин проводили по действующим ГОСТам:

1) Содержание SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2 по ГОСТ 5382091.

В качестве средства контроля использовался стандартный образец глины ОСО-15-11-88.

2. Содержание свободного диоксида кремния (SiO_2) по ГОСТ 21216.3-93. Метод основан на выделении нерастворимого диоксида кремния, который входит в общий показатель по содержанию SiO_2.

3. Потери массы при прокаливании по ГОСТ 359.15-93. Прокаливание проводилось при температуре 900 ^oC.

4. Остаток на сите с сеткой № 0063 по ГОСТ 21216.12-93.

5. Содержание сульфат-ионов (SO_4^{2-}) в водной вытяжке по ГОСТ 21216.8-93.

6. Содержание хлор-ионов (Cl^-) в водной вытяжке по ГОСТ 21216.7-93.

7. Содержание ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) в водной вытяжке по ГОСТ 21216.5-93.

8. Все определения были проведены параллельно на двух навесках.

Минералогический состав породообразующих компонентов исследованы преимущественно в институтах СО РАН (ОИГГиМ и ИХТТиМ) при помощи рентгенофлуоресцентного силикатного анализа на многоканальном рентгеновском спектрометре СРМ-25, управляемом вычислительным комплексом, электронном микроскопе ISM-35 и дифрактометрах нового поколения.

Исследование фазово-минерального состава показало преимущественное наличие в глинах каолинита $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$ в трехклинной системе и очень незначительно примесей. Химический поэлементный состав примесей приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав примесей в глинах, %

Наименование материала	Калий	Натрий	Литий	Железо
Проба № 48 – глина серовато-белого цвета	0,0040	0,0820	0,0050	1,5200
Проба № 49 – глина желтого цвета	0,1400	0,1000	0,0026	4,2400
Проба № 70 – глина розово-белого	0,0090	0,1000	0,0052	1,6300

цвета				

Исследование токсичных элементов в глинах, проведенном в Аналитическом центре ОИГГиМ СО РАН показало удовлетворительные результаты и соответствие содержания предельно допустимых токсичных элементов и тяжелых металлов требованиям строительных норм и правил.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Павленко С.И.

УДК

КОНЦЕПЦИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯ С БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ В КУЗБАССЕ

Донских Т.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В качестве дипломного проекта кафедрой «Теплофизике и промышленной экологии» Сибирского государственного индустриального университета была предложена тема «Полигон твердых бытовых отходов для города Междуреченск с их предварительной сортировкой».

Четкого определения твердых бытовых отходов в Российском и Межгосударственном законодательствах нет. Но согласно Федеральному закону № 89-ФЗ от 24 июня 1998 г. № 89 «Об отходах производства и потребления» отходы производства и потребления – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе потребления, а также товары или продукция, утратившие свои потребительские свойства. Согласно же ГОСТ 30772-2001 «Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения» бытовые отходы – это отходы потребления, образующиеся в бытовых условиях в результате жизнедеятельности населения. Отходы потребления – остатки веществ, материалов, предметов, изделий, товаров (продукции или изделий), частично или полностью утративших свои первоначальные потребительские свойства для использования по прямому или косвенному назначению в результате физического или морального износа в процессах общественного или личного потребления (жизнедеятельности), использования или эксплуатации.

Актуальность темы определятся увеличением объемов твердых бытовых отходов (ТБО), причем как в абсолютных величинах, так и в пересчете на душу населения. При увеличении населения земного шара в год на 1,5 – 2 % объем свалок увеличивается на 6 %. Ежегодно в мире на каждого человека образуется около 350 кг бытовых отходов. В различных странах и населенных пунктах этот показатель колеблется от 150 до 850 кг/год, причем отмечается стойкая мировая тенденция увеличения количества образующихся бытовых отходов и их норм накопления.

Точное количество образующихся бытовых отходов в России неизвестно. Исходя из численности населения (145 млн. жителей) и действующих норм накопления ТБО (250 – 300 кг/год на человека), в жилом секторе российских городов образуется около 40 млн. тонн ТБО.

ТБО – это богатый источник вторичных ресурсов, а также «бесплатный» энергоноситель, так как бытовой мусор содержит значительную долю горючих компонентов и представляет собой возобновляемое углеродсодержащее энергетическое сырье. Однако для любого города и населенного пункта проблема удаления или обезвреживания ТБО является, в первую очередь, проблемой экологической. Отходы необходимо ежедневно удалять из мест образования, иначе городская жизнь будет парализована. Специализированные предприятия, как правило, испытывают значительные трудности с организацией своевременного сбора и вывоза отходов. Основную часть ТБО российских городов вывозят на примитивные, экологически опасные свалки, расположенные в пригородной зоне.

Так и Междуреченский район, являющийся одним из центров угледобычи Российской Федерации, Кузбасса и имеющий государственный природный заповедник «Кузнецкий Алатау», является не исключением.

Существующая система санитарной очистки города, представляющая собой последовательность технологических операций управления муниципальными отходами (сбор, транспортировка, сортировка, обезвреживание, переработка, захоронение), имеет существенные недостатки.

Анализ схемы материального баланса ТБО г. Междуреченска, как движение материального потока отходов во времени и пространстве, показал, что около 44792,7 м^3 (15 % от общего количества образующихся отходов) теряется в процессе несанкционированного сжигания, размещения на пригородных и городских территориях.

Для создания более комфортных условий проживания жителей и

улучшения экологической ситуации муниципального образования, предложено оптимизировать систему санитарной очистки города в два параллельных этапа. На первом этапе на стадии сбора ТБО в г. Междуреченск предложено сочетать два метода: экстенсивный и интенсивный. При экстенсивном методе проводить масштабное наращивание материальных ресурсов (увеличить число контейнеров, мусоровозов и т.д.) организаций, осуществляющих сбор ТБО, для обеспечения движения образованного потока отходов. Интенсивный метод предполагает ввод самоокупаемой мусоросортировочной установки. Это позволит, наряду с утилизацией значительной части ТБО, снять часть финансовой нагрузки, предназначенной для обеспечения сбора, транспортировки и размещения ТБО.

На втором этапе предложено заменить существующую городскую свалку современным инженерным полигона ТБО.

Междуреченский район богат полезными ископаемыми, в частности угольными месторождениями, и способ добычи осуществляется, как закрытым, так и открытым способами. В результате открытого способа добычи нарушаются значительные территории. Строительство полигона ТБО в выработанном карьере разреза «Красногорский» позволит одновременно полезно использовать существующий карьер и организовать полигон без нарушения природного ландшафта.

В работе были исследованы современные уровни технологических и технических решений способов полигонного захоронения ТБО. Разработаны технологическая схема и конструктивные решения современного полигона ТБО с ячейковым способом складирования. Емкость полигона ТБО на 18 лет эксплуатации составляет 1616333 м^3, а вместимость суточной ячейки – 215,2 м^3 при уплотнении отходов и неуплотненных отходов – 646,4 м^3. Участок складирования имеет площадь 11,56 га. Так как выбранный участок характеризуется высоким коэффициентом фильтрации (1,24 м/с), то в проекте предусмотрен защитный экран, состоящий из 50 см слоя глины и геосинтетических материалов (бентофикс, кабофол, секутекс) с коэффициентом фильтрации $5 \cdot 10^{-11}$ м/с. Предусмотрена дренажная система и система сбора поверхностных вод и фильтрата, с последующей их очисткой. Расчетное количество образующегося фильтрата составит 1120947,3 м^3 в сутки.

Внутри тела полигона ТБО формируются анаэробные условия, в которых протекает биоконверсия органического вещества. В результате образуется так называемый, свалочный газ, макрокомпонентами

которого являются метан (CH4) и диоксид углерода (CO2). Активное газообразование в толще складируемых отходов начинается примерно с третьего года от начала складирования, постепенно нарастая, и продолжается 10 – 15 лет, после чего процесс постепенно замедляется. В результате выполненных расчетов установлено, что количество образующегося биогаза на третий год эксплуатации составит 6516166 м3/год. Также разработана технологическая схема извлечения биогаза, образующегося на полигоне ТБО г. Междуреченска. Для извлечения биогаза из тела свалки используется 9 вертикальных скважин, расположенных на территории полигона. Система скважин охватывает 9 га территории полигона. Поверхность полигона укрывается защитным экраном, для предотвращения утечки биогаза в атмосферу. Газ отбирается из скважин компрессором, закачивается в газгольдер и направляется потребителю.

Анализ существующие технологические решения сортировки ТБО и выбрана технологическая схема мусоросортировочной установки производительностью 350000 м^3.

Предложены решения по безопасности и разработан оптимальный режим эксплуатации полигона ТБО, обеспечивающий выполнение санитарных и экологических требований.

Разработана система экологического мониторинга полигона ТБО.

Организация деятельности в области обращения с отходами, в соответствии с законодательством Российской Федерации, на территориях каждого муниципального образования является очень затратным и достаточно неэффективным.

Движение материального потока бытовых отходов затруднено из-за недостаточности ресурсов, вследствие чего происходят большие потери на различных стадиях обращения с отходами. Также потери происходят за счет отсутствия принципов экологического стимулирования деятельности в области обращения с отходами. Предлагается схема управления обращения с бытовыми отходами Кузбасса предполагает разделение территории на три зоны: I – южная, II – центральная и III – северную (рисунок 1), – позволяющая экономнее использовать земельные ресурсы, снижать техногенную нагрузку и предупреждать чрезвычайные ситуации.

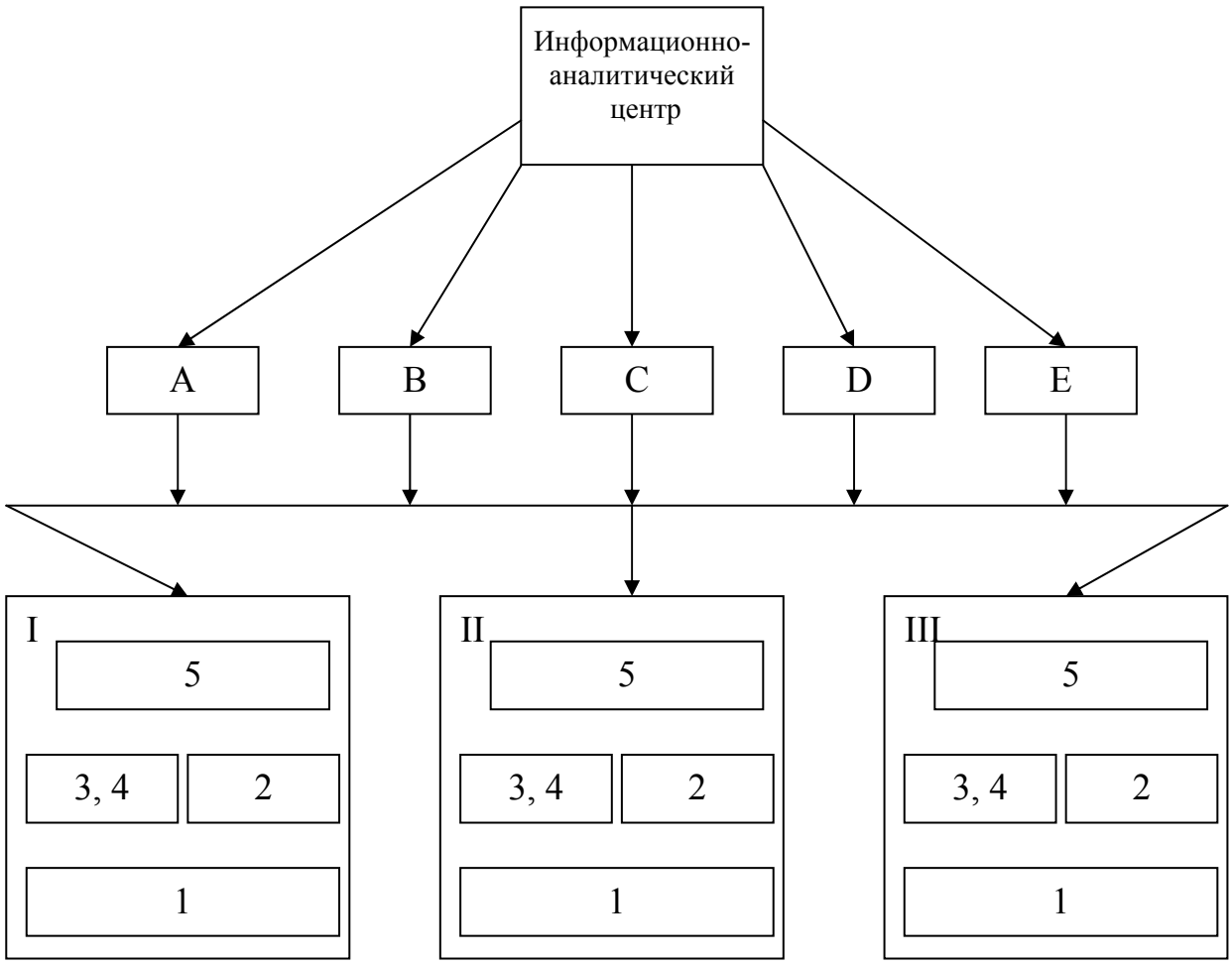


Рисунок 1 – Схема управления обращения с бытовыми отходами в Кузбассе

1 – в зависимости от характеристики территории выбирается способ ликвидации бытовых отходов: объект размещения отходов – полигон захоронения или сжигание с получением энергии, для дальнейшего использования.

2 – утилизационный способ, как метод обезвреживания и утилизации бытовых отходов, с применение мусоросортировочных комплексов и последующей реализацией продукции.

3 – организация 100 % сбора, образующихся бытовых отходов у физических и юридических лиц.

4 – организация специальных пунктов приема вторичного сырья за денежные средства для физических и юридических лиц.

5 – общественные организации, занимающиеся агитационной работой в области раздельного сбора бытовых отходов и их использовании в быту.

А – организация по работе с общественностью и обучения персонала

В – организация по осуществлению сбора бытовых отходов.

Осуществляет все виды сбора и ликвидацию несанкционированных свалок.

C – организация по транспортированию бытовых отходов

D – организация по утилизации бытовых отходов. Осуществляет продажу вторичного сырья, или на их основе производит продукцию, или сжигает с получение энергии, для дальнейшего использования

E – организация по захоронению бытовых отходов на полигоне

Информационно-аналитический центр выполняет контролирующую и аналитическую функции, разрабатывает различные программы и мероприятия и другие функции.

Предлагаемая концепция решения проблемы управления обращения с бытовыми отходами в Кузбассе позволит:

– приравнять два понятия «экономика» и «экология»: получать экономический эффект существенно не нарушая экологические системы или за счет благополучной экологической обстановке увеличивать областной бюджет и прибыль предприятий;

– развитие среднего класса в области, связав с возможностью продажи вторичного сырья и производством новой продукции;

– разработка программы экономии природных ресурсов позволит

– повысить экологическую культуру населения области;

– организовать научный центр, что позволит вносить предложения в Правительство об организации управления обращения с бытовыми отходами отдаленных территорий и др.

Продолжение работы в данном направлении позволит улучшить экологическую обстановку и увеличить экономическую эффективность области. В данной работе должны быть задействованы и заинтересованы все слои населения края. Кузбассовцы едины – и это сила!

Библиографический список

1. Федеральный закон об отходах производства и потребления: от 24 июня 1998 г. №89 – ФЗ П Гос. думой – 1998. - 22 мая – с. 100.
2. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения [Текст]. – Введ. 2002-07-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. – 21 с.
3. Орлова Т.А. Крым под прессом ТБО // ТБО. – 227. – № 3. – С. 14 – 19.
4. Шулов Л.Я. Проблема муниципальных отходов и рациональные пути ее решения//Экология и промышленность России. – 2005. – № 12. – С. 34 – 39.

5. Быков Д.Е., Рюмина Н.В. Пути совершенствования городской системы обращения ТБО// Экология и промышленность России. - 2005. – № 10 – с. 28 – 31.
6. Соломин И.А., Башкин В.А. Выбор оптимальной технологии переработки// Экология и промышленность России. – 2005. – № 9 – с. 42 – 45.
7. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов / АКХ им. К.Д. Памфилова. – М.: Минстрой РФ, 1997. – 91 с.
8. Шлее Ю., Никогосов Х.Н., Ткачев А.А. Современные технологии строительства полигонов для захоронения отходов с использованием геосинтетических материалов // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1 – с. 18 – 22.
9. Методика расчета водного баланса полигона захоронения твердых бытовых отходов / Я.И. Вайсман и др.; Пермский государственный технический университет. – Пермь, 2002. – 19 с.
10. Максимов С.В., Глушакова И.С. Дегазация полигона твердых бытовых отходов // Экология и промышленность. – 2003. – № 10 – с. 41 – 43.
11. Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронения твердых бытовых отходов, Москва 2003 г.

Королев В.А. и др. Эколого-геологический мониторинг полигонов твердых отходов// Экология и промышленность России. – 2001. – № 7 – с. 39 – 43.

Научные руководители: д.т.н. Волынкина Е.П.,
доцент Панов Б.П.

Таблица 1 – Результаты дожига оксида углерода в газосборном коллекторе УСТК НТМК

Производительность камеры по коксу т/ч	Режим дожига	Состав сбрасываемых газов			Объем газа, сбрасываемого через свечу дымососа, м/ч	Объем газа, отсасываемого от разгрузки, мч	Выбросы СО вентиляцией разгрузки одного блока тушения, т/год	Выбросы СО вентиляцией разгрузки одного блока тушения, т\год	Выбросы пыли через свечу дымососа одного блока тушения, т\год	Удельные выбросы оксида углерода, кг\т кокса	Угар кокса, %
		Свеча дымососа		Вентиляция разгрузки							
		СО% объем	Пыль, г/м	СО% объемные							
70	Подсос воздуха через коллектор	8,03	0,72	0,4	5949	14187	4576	536,6	32,7	9,53	1,25
70	Подсос воздуха через коллектор и 2 лючка	4,2	0,82	0,2	7700	14187	3066	271,8	48,4	6,22	1,30
70	Подсос воздуха через коллектор и 3 лючка	0,9	0,63	0,1	8643	14187	743,5	135,7	41,8	1,64	1,41
45	Подсос воздуха через коллектор	4,4	0,36	0,45	7442	13164	3137,4	567,2	20,5	10,74	2,19
45	Подсос воздуха через коллектор и 1 лючка	0,6	–	0,1	8304	13164	459,9	122,6	–	1,69	2,09

Необходимо отметить, что при производительности камеры по коксу 45 т/ч температура газа на выходе из газосборного коллектора несколько снижалась и составляла 600 ^{o}C . При этом, возможно, не будет достигаться требуемая полнота горения оксида углерода и водорода, Температура воспламенения которых составляет 610 и 510 ^{o}C соответственно. В этом случае необходима разработка специальной системы дожига газов. Боле оптимальным следует считать режим тушения при произодительности камеры по коксу 65 – 70 т/ч.

Как показали эксперименты, дожиг может быть осуществлён до остаточного содержания оксида углерода в циркулирующем газе как 3 – 5 % , так и более глубокий – 0,5 – 1,0 % CO. В последнем случае необходим оперативный контроль за составом циркулирующего газа с целью исключения подачи избыточного количества воздуха в газосборный коллектор. Избыток воздуха может явиться причиной дополнительного угара кокса.

Таким образом, в качестве временного мероприятия по снижению валовых выбросов CO в атмосферу можно рассматривать более глубокий его дожиг в верхнем кольцевом канале путем подсоса дополнительного количества воздуха через лючки. Для этого необходимо:

– Камеры тушения эксплуатировать на проектной производительности.

– Дожиг осуществлять до остаточной концентрации оксида углерода в циркулирующем газе 0,5 – 1,05. Воздух в верхний кольцевой канал должен поступать через коллектор с дистанционным управлением и дополнительные три лючка.

– С целью оптимизазации дожига оксида углерода необходимо организовать непрерывный контроль состава циркулирующего газа.

– Выбросы CO через свечу после дымососов составляет при этом 450 – 744 т/год, через вентиляцию разгрузка 136 т\год (в расчет на одну камеру тушения),

– Внедрение на НТМК предложенной технологии позволило ввести в эксплуатацию батарею № 10 без увеличения валовых выбросов CO.

Научный руководитель: д.т.н., зав. кафедрой СПУН
С.И. Павленко

УДК

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ТЕХНОГЕННОГО НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА Г. НОВОКУЗНЕЦК КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Донских Т.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

В 1922 г. замечательный российский ученый А.Е. Ферсман ввел термин «техногенез», характеризующий геохимическую деятельность человечества. После известных исследований В.И. Вернадского, показавших, что особенностью биосферы является неразрывная связь и взаимопроникновение живых организмов и неживой («косной») материи, в качестве важнейшего вывода он декларировал, что «человек становится крупнейшей геологической силой». Насущной задачей являлась необходимость количественных оценок «геологической силы человека». В современном понятии техногенез – это процессы перемещения (перераспределения), происходящие в результате технической деятельности людей.

Для более глубокого исследования процессов взаимодействия человека с природой многими специалистами используется понятие о самостоятельной оболочке Земли – *техносфере.* По мнению Юсфина *техносфера – пространство, в котором к основным процессам, определяющим ход развития, наряду с природными следует отнести антропогенные*. Антропогенный обмен веществом и энергией между природой и обществом возникает в результате производственной деятельности человека, существенно ускоряя круговорот веществ.

В данной работе рассматривается, предложенный В.А. Алексеенко, показатель относительного техногенного накопления химических элементов, как один из показателей эффективности организации антропогенных ресурсных циклов на примере Центрального района г. Новокузнецка Кемеровской области.

Показатель относительного техногенного накопления химических элементов (ПОТехН) – отношение количества элемента (в тоннах), накопившегося в ландшафте или в его определенной части в результате техногенеза, к Кларку этого элемента в аналогичном природном ландшафте, не испытывающем техногенного воздействия:

$$ПОТехН = \frac{Ме}{Ф}, \quad (1)$$

где Ме – количество элемента, накопившегося в ландшафте в результате техногенеза, т;

Ф – фоновое содержание элемента в почвах ландшафтов, аналогичных существующим на месте города, %.

Определение данного показателя позволит построить иерархию ряда химических элементов, оказывающие существенные вредные воздействия на окружающую природную среду и здоровье человека г. Новокузнецка.

Количество элемента, т, накопившегося в городском ландшафте определяются по следующей формуле:

$$Ме = М_п \cdot \frac{С - Ф}{100}, \quad (2)$$

где $М_п$ – масса почвы, т;

С – среднее содержание элемента в почве городского ландшафта, %;

Масса почвы определяется по формуле:

$$М_п = S \cdot h \cdot \rho, \quad (3)$$

где S – площадь поверхности погчвы, $м^2$;

h – высота верхнего слоя почвы, м;

ρ – плотность почв, $т/м^3$.

Используя данные Открытого акционерного общества «Западно-Сибирский Испытательный Центр» о содержании четырех металлов и мышьяке в почвах ландшафта Центрального района г. Новокузнецка и принимая плотность почв равной 1,7 $т/м^3$, получаем, что в верхнем 20-сантиметровом слое за 389 лет, со дня основания города, накопилось от 23 до 2704 т металлов.

Учитывая площадь района 66 262 885 $м^2$ по формуле (3) рассчитывается масса почвы – 22 529 380,9 тн.

По формуле (2) рассчитывается количество химического элемента, накопившегося в Центральном районе, а по формуле (1) – показатель относительного техногенного накопления. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет показатель относительного техногенного накопления химических элементов для Центрального района

Металл	Содержание, $n \cdot 10^{-3}$,%		Количество химического элемента, накопившегося в городских ландшафтах, т	Показатель относительного техногенного накопления
	фоновое	среднее		
Zn	4,5	16,5	2704	601
Pb	1,5	4,6	698	465
Hg	0,01	0,1101	23	2300
Cu	1,5	7,3	1307	871
As	0,22	2,6	536	2436
Примечание: фоновое содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах принято для дерново-подзолистых суглинков и глинистых, которые характерны для данного района [4].				

На основе полученных результатов, по абсолютному накоплению химических элементов, можно составить следующий ряд: Zn, Cu, Pb, As, Hg. При этом можно сделать вывод, что основным загрязнителем является цинк. Однако с учетом фона природных ландшафтов этот ряд трансформируется и приобретает следующий вид: As, Hg, Cu, Zn, Pb.

Расчет и анализ данного показателя был произведен для шести районов города, но только Центральный район, отличается сравнительно высокими показателями всех тяжелых металлов и мышьяка в комплексе (таблица 1). Это связано с влиянием промышленного производства, розой ветров и архитектурой застройкой города.

Существенное влияние на окружающую природную среду и здоровье жителей оказывает ртуть и мышьяк, а если же речь идет об извлечении химических элементов для их повторного использования в производстве, то уместным оказывается иерархия, соответствующая первому варианту составления ряда.

Библиографический список

1. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Геохимические барьеры: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2003. – 144 с.: ил.
2. Журавков Ю.М., Далгов Ю.А. Очерки о районах города Новокузнецк: Администрация.

3. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами разработан Управлением охраны почв и земельных ресурсов Минприроды России. Москва 1993г.
4. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда. – М.: ИЦК «Академкнига», 2002. – 469 с.

Научный руководитель: д.т.н., зам. зав. кафедрой «Теплофизики и промышленной экологии» Волынкина Е.П.

УДК628.4.038

ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЕЙ

Касьянов М.Н.

ФГОУ СПО «Новокузнецкий Строительный Техникум» г. Новокузнецк.

Проблема: По улицам Новокузнецка ежедневно проносятся тысячи автомобилей. Автобусы, грузовики, маршрутки, легковушки везут горожан и грузы в разные районы города. Зачастую состояние автомобилей далеко от идеального, однако автомобили продолжают работать на износ. В Новокузнецке эксплуатируется более 10 тыс. автомобилей, выработавших свой ресурс 10 и более лет назад. Что же «дарят» городу старые автомобили (в тоннах): мусор – 15,5 тыс., покрышки – 12 тыс., технические масла – 2 тыс., свинцово-кислотные аккумуляторы – 1 тыс., технические жидкости – 2 тыс., масляные фильтры – 1 тыс.

Поэтому все большее значение имеют экологические аспекты эксплуатации автомобилей, и в частности утилизация отработавших автомобилей и их частей.

В ходе работы определены следующие пути переработки автомобилей.

Законодательные нормы.

Создание системы авторециклинга.

В России пока не существует никаких директив, обязывающих владельцев утилизировать старые машины. Потому увидеть во дворе старый ржавый «Запорожец» или гниющую под окнами «копейку» для нас – увы, вещь обычная. К сожалению, нет четко выработанной системы, контролирующей сбор и утилизацию отслуживших свой срок транспортных средств.

Поэтому необходимо и у нас принять законопроекты, регулирующие утилизацию автомобилей, как за рубежом.

Главное правило утилизации – ответственность за нее несет не столько владелец машины, сколько производитель. Во-первых, на конструктивном уровне: сейчас, в 2008 году, они обязаны выпускать такие машины, материалы которых могут быть повторно использованы после утилизации на 85 % от снаряженной массы автомобиля. А к 2015-му эта доля должна быть доведена до 95 %. А во-вторых, введен институт утилизационного залога. На деле это может выглядеть так: при продаже нового автомобиля в России производитель или официальный импортер вносит залог в специальный утилизационный фонд. Средства фонда распределяются между предприятиями-утилизаторами. Кстати, и в Европе, и в Америке человек, сдающий машину в утиль, обязательно получает за нее деньги – это главный стимул. Наличие компенсации должно быть заложено и в проект российской программы.

На основе этих законодательных актов автопроизводители разрабатывают системы производства и утилизации автомобилей.

Поставка: Последний владелец поставляет автомобиль, подлежащий утилизации, специалисту по разборке, с которым заключен контракт на утилизацию автомобиля.

Предварительная обработка и слив эксплуатационных жидкостей: Прежде всего, с автомобиля демонтируется аккумуляторная батарея и нейтрализуются подушки безопасности. Затем сливаются топливо и прочие эксплуатационные жидкости автомобиля.

Демонтаж: Демонтаж с автомобиля различных деталей и узлов, которые можно продать (как подержанные запасные части) или использовать в качестве основы для деталей, получаемых в результате вторичной переработки.

Хранение: Материалы, представляющие опасность для окружающей среды, собираются и впоследствии отправляются для вторичного использования или утилизации.

Резка: Крупные части автомобиля, прошедшие предварительную обработку, поступают на резку. Здесь они разделяются на куски, которые сортируются по фракциям для вторичного использования или утилизации.

Обработка материалов, полученных после резки (PST): После резки материалы, обрабатываются с использованием различных технологий (магнитные поля, вихревые токи, флотация и т.п.), чтобы получить отдельные материалы, которые можно использовать в

качестве вторичного сырья.

Рециркуляция /Вторичное использование/. Захоронение отходов: Измельченные материалы, полученные после резки и разделения при помощи PST, могут быть использованы повторно или применяться для производства цемента. Такая технологическая цепочка обеспечивает вторичное использование до 85% материалов, из которых состоит автомобиль; а также уменьшает количество отходов, подлежащих захоронению.

Утилизация кузовов на шредерной установке.

Технологическая цепочка шредерной установки:

1) Разрыватель. Кузов и агрегаты предварительно измельчаются;

2) Шредер. Диск с молотами дробит автомобиль до состояния шрота;

3) Пневматическая сепарация. Поток воздуха отделяет пыль и неметаллические отходы – стекло, пластик, текстиль – от металла;

4) Магнитная сепарация. С помощью электромагнита черный металл отделяется от цветного;

5) Пылесборник.

При создании системы утилизации автомобилей экономятся ресурсы, получается прибыль, уменьшается загрязнение земли и воды твердыми отходами. Металлический гранулят намного дешевле для металлургических комбинатов, чем сырье, полученное из руды.

Утилизация шин

В Новокузнецке и районах ежегодно образуется более 1 тыс. тонн изношенных шин.

Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды:

– шины не подвергаются биологическому разложению;

– шины огнеопасны и, в случае возгорания, погасить их достаточно сложно;

– при складировании они являются идеальным местом размножения грызунов, кровососущих насекомых и служат источником инфекционных заболеваний.

Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд.

В настоящее время, все известные методы переработки шин можно разделить на две группы:

1) Физический метод переработки шин.

2) Химический метод переработки шин.

Физические методы переработки резиновых отходов

Ниже представлена классификация имеющихся в настоящее время способов измельчения вторичных резин.

Способы измельчения вторичных резин				
По температуре измельчения				
При отрицательных температурах		При положительных температурах		
По механическому воздействию				
Ударом	Истиранием	Сжатием	Сжатием со сдвигом	Резанием

Согласно данной классификации имеются следующие технологии:

Низкотемпературная технология утилизации шин

Изношенные автомобильные шины подаются в машину для удаления бортовых колец. После этого шины поступают в шинорез и далее в ножевую роторную дробилку. Затем следует магнитный сепаратор и аэросепаратор. Для охлаждения порезанные и предварительно очищенные куски резины подаются в холодильную камеру, где охлаждаются до температуры минус 50 – минус 90 ^{o}C. Холодный воздух для охлаждения резины подается от генератора холода воздушной турбохолодильной машины. Далее охлажденная резина попадает в роторно-лопаточный измельчитель, откуда она направляется на повторную очистку в магнитный сепаратор и аэросепаратор, где отбирается резиновая крошка менее 1 мм – 0,5 мм, а также более крупная и затаривается в мешки и отправляется к заказчику.

Бародеструкционная технология переработки покрышек

Технология основана на явлении «псевдосжижения» резины при высоких давлениях и истечении ее через отверстия специальной камеры. Резина и текстильный корд при этом отделяются от металлического корда и бортовых колец, измельчаются и выходят из отверстий в виде первичной резинотканевой крошки, которая подвергается дальнейшей переработке: доизмельчению и сепарации. Металлокорд извлекается из камеры в виде спрессованного брикета.

Полностью механическая переработка шин

В основу технологии переработки заложено механическое измельчение шин до небольших кусков с последующим механическим отделением металлического и текстильного корда, основанном на принципе "повышения хрупкости" резины при высоких скоростях соударений, и получение тонкодисперсных резиновых порошков размером до 0,2 мм путем экструзионного измельчения полученной резиновой крошки.

Озоновая технология переработки (утилизации) шин

Способ озонной переработки изношенных шин, предложенный группой российских ученых и инженеров. Суть технологии – «продувание» озоном автомобильных покрышек, что приводит в полному их рассыпанию в мелкую крошку с отделением от металлического и текстильного корда.

При этом новая технология значительно экономнее всех существующих и, кроме того, абсолютно экологически безвредна - озон окисляет все вредные газообразные выбросы. В России созданы две опытные озонные установки, их суммарная производительность – около 4 тыс. тонн резиновой крошки в год.

Возможные направления использования резиновой крошки

– порошковая резина с размерами частиц от 0,2 до 0,45 мм используется в качестве добавки (5 – 20 %) в резиновые смеси для изготовления новых автомобильных покрышек, массивных шин и других резинотехнических изделий.

– порошковая резина с размерами частиц до 0,6 мм используется в качестве добавки (до 50 – 70 %) при изготовлении резиновой обуви и других резинотехнических изделий.

– порошковую резину с размерами частиц до 1,0 мм можно применять для изготовления композиционных кровельных материалов (рулонной кровли и резинового шифера), подкладок под рельсы, резинобитумных мастик, вулканизованных и не вулканизованных рулонных гидроизоляционных материалов;

– порошковая резина с размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм применяется в качестве добавки для модификации нефтяного битума в асфальтобетонных смесях.

1) Установлено, что применение резиновой крошки в асфальтобетоне в два раза повышает коэффициент сцепления на мокром покрытии. На сухом покрытии существенных изменений нет.

2) При использовании резиновой крошки от 0 до 1,0 мм трещиностойкость возрастает на 30 процентов. С уменьшением размера частиц трещиностойкость увеличивается. Особенно эффективно применение частиц крошки от 0,14 мм и меньше. Частицы меньше 0,08 за время перемешивания распадаются, составляющие модифицируют битум, улучшая его свойства.

3) При небольших размерах частиц крошка распределяется по массе асфальтобетонной смеси, более равномерно повышая упругую деформацию при отрицательных температурах.

4) Объем дробленой резины в составе таких усовершенствованных покрытий должен составлять около 2 % от массы минерального материала, т.е. 60 – 70 тонн на 1 км дорожного полотна.

При этом срок эксплуатации дорожного полотна увеличивается в 1,5 – 2 раза.

Порошки размерами частиц от 0,5 до 1,0 мм используются также в качестве сорбента для сбора сырой нефти и жидких нефтепродуктов с поверхности воды и почвы, для тампонирования нефтяных скважин, гидроизоляции зеленых пластов и т.д.

Резиновая крошка с размерами частиц от 2 до 10 мм используется при изготовлении массивных резиновых плит для комплектования трамвайных и железнодорожных переездов, отличающихся длительностью эксплуатации, хорошей атмосферостойкостью, пониженным уровнем шума и современным дизайном; спортивных площадок с удобным и безопасным покрытием; животноводческих помещений и т.д.

Химические методы переработки (изношенные автомобильные шины как вторичный энергоресурс)

К этим методам относятся сжигание, крекинг, пиролиз.

Существуют два способа сжигания с целью утилизации энергии: прямой и косвенный.

При прямом сжигании шины, грубоизмельченные или целиком, сжигают в избытке кислорода. Иногда грубоизмельченные шины добавляют к другому сжигаемому материалу для повышения его теплотворной способности (теплотворная способность резины составляет 32 ГДж/т, что соответствует углю высокого качества).

При косвенном сжигании на сжигание поступает газ, полученный в процессах переработки изношенных шин, например, при пиролизе (основаны на термическом разложении отходов при отсутствии или большом дефиците кислорода с целью сохранения углеводородного сырья). Энергия горючего газа используется для получения горячей воды или водяного пара при помощи теплообменников.

В мире проведены успешные опыты по трансформированию резины в метанол с получением пылевидной сажи, соответствующей стандарту для резинотехнического производства. Основным процессом деструкции резины для дальнейшего трансформирования продуктов разложения в метанол является пиролиз в окислительной камере при температуре 1000 °С. Для переработки шин необходимо их разрезать на части с отделением борта, который используется как побочный товарный продукт.

Жидкие и газообразные продукты пиролиза можно использовать не только как топливо. Жидкие продукты пиролиза можно использовать в качестве пленкообразующих растворителей, пластификаторов, мягчителей для регенерации резин. Пек пиролизной

смолы является хорошим мягчителем, который может использоваться самостоятельно или в смеси с другими компонентами. Тяжелая фракция пиролизата как добавка к битуму, использующемуся в дорожном строительстве, может повысить его эластичность, устойчивость к холоду и влаге.

Из газообразной фракции пиролиза можно выделять ароматические масла, пригодные для применения в производстве резиновых смесей. Низкомолекулярные углеводороды могут быть использованы в качестве сырья для органического синтеза и в качестве топлива.

Научный руководитель: Дробахин К.А.

УДК 504. 056:656

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Спиридонов А.Н.

ГОУ СПО «Новокузнецкий строительный техникум»
г. Новокузнецк

Главными причинами загрязнения окружающей среды экологи считают выбросы промышленных предприятий, работающих на нефти, выхлопные газы автотранспорта, а также испарения бензина из хранилищ и АЗС.

Транспорт является одним из основных загрязнителей атмосферы больших городов: оксидами азота, оксидами углерода, углеводородами, сажей, соединением свинца.

В среднем при пробеге 15 тыс. км за год автомобиль сжигает 1,5 – 2 т. топлива и 25 – 30 т. кислорода.

По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов делятся на: токсичные, канцерогенные и раздражающего действия. К токсичным относятся: окись углерода, окись азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, свинцовые соединения; к канцерогенным - бензапирен; к компонентам раздражающего действия - оксиды серы углеводороды.

По данным « Среда обитания, здоровья г. Новокузнецка» за под редакцией Чичениной Г.И. автомобильный транспорт, его содержание и обслуживание наносят серьёзный ущерб окружающей среде: гидросфере, атмосфере, литосфере. По городу загрязнение на

протяжении ряда лет остается стабильным и оценивается как стабильное.

Актуальность проблемы воздействия автотранспортных и автозаправочных предприятий на окружающую среду, в том числе проблемы загрязнения поверхностного стока связана с распространённостью данного источника техногенного загрязнения на территории городов и городских агломераций.

Развитие сети АЗС, СТО и АТП в последнее десятилетие возросло в связи с резким увеличением автомобильного парка. Согласно данным официальной статистики автомобилизация в различных регионах России выросла в 3 – 4 раза.

К передвижным источникам загрязнения относятся все виды автомобильного транспорта. Количество легковых автомобилей составляет 84 % от общего количества транспортных средств. Ежегодное увеличение валовых выбросов загрязняющих атмосферу и не только её происходит за счет роста количества легкового автотранспорта, преимущественно приобретаемого в собственность физических лиц.

Влияние на объемы сброса загрязняющих веществ оказывает количество и качество используемого сырья, изменение технологий, усовершенствование систем утилизации и проведение ремонтных работ на предприятиях.

Основной вклад в загрязнение окружающей среды при эксплуатации автотранспорта вносят вещества, выделяющиеся с выхлопными газами. Поскольку состав и количество отработавших газов зависят от марки автомобилей, условий эксплуатации и многих других факторов, экспериментально измерить массу выделяющихся загрязнений практически невозможно. Для этого пришлось бы на каждый автомобиль устанавливать комплекс газоанализаторов и проводить непрерывные измерения. Поэтому используют различные расчетные методы. Наиболее простыми в практическом применении являются 3 метода расчета массы выбросов:

1) на основе количества топлива, фактически расходуемого автомобилями;

2) исходя из выполненной транспортной работы;

3) пропорционально пробегу автомобилей.

Но учитывая структуру парка автомобилей, их техническое состояние, условия движения и эксплуатации. Эти методы расчета выбросов имеют следующие преимущества:

– обеспечивает достаточную точность расчетов при незначительных трудозатратах на их выполнение и небольшом объеме

исходных данных

– позволяют определить фактическое и ожидаемое загрязнение окружающей среды от его развития и совершенствования организации работы и движения в конкретных условиях эксплуатации с учетом среднего возраста парка автомобилей, его структуры, уровня технического состояния автомобилей, условий движения и типа магистрали, по которой осуществляются перевозки.

В проведенных нами исследованиях выброса вредных веществ на остановках ул. Кутузова, Металлургов, Кирова – выявили количество основных выбросов за 1 час. Можно отследить сколько вредных веществ человек поглощает в течении дня ожидая автобус.

Загрязнение грунтов и подземных вод в районе размещения автозаправочных станций и комплексов возможно за счет инфильтрации загрязненного поверхностного стока от источников двух видов: через незамощённые поверхности (газоны), небольшие трещины в асфальтовых покрытиях проездов и автостоянок в границах АЗС (поверхностные источники), а также через системы отведения поверхностного стока – дождеприемные колодцы, внутриплощадочная водосточная сеть, колодцы очистных сооружений (подземные источники).

Проблема загрязнения окружающей среды выхлопными газами автомобилей и испарениями АЗС в настоящее время, когда автомобилизация страны достигла небывалых размеров, весьма актуальна и требует срочных мер по её решению. Однако уже сейчас ведутся активные меры по устранению данной проблемы. Разработка и совершенствование средств для решения этой проблемы позволит в дальнейшем свести экологическую проблему в стране к минимуму.

Для решения таких проблем есть несколько путей:

– Правильное хранение топлива на АЗС (дыхание резервуара)

– Использование в автомобильных двигателях каталитических нейтрализаторов.

– Переход на Евро – 4, что приведет к использованию новых машин, а не отработавших свой ресурс транспортных средств.

– Использовать транспорт, оснащенный электрическим двигателем вместо бензинового.

– Переход на другие виды топлива: природный газ, спирты, водород (хотя при этом уменьшается мощность двигателя, для водорода взрыво и пожаро опасность, необходимы другие емкости для хранения).

– Правильная утилизация автомобилей.

Научные руководители: М. А. Галета, Р. Г. Волостных

УДК 669.184.2

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

КАЛИНОГОРСКИЙ А.Н., ВАСИЛЬЕВА Т.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Анализ литературных данных и патентные исследования [1, 2] показали, что твердые бытовые отходы (бумага, полиэтилен, полистирол и др.) могут быть использованы в конвертерной плавке в качестве дополнительного теплоносителя.

Приведенные в таблице 1 данные подтверждают, что твердые бытовые отходы по своему химическому составу и технологической ценности близки к топливу, традиционно используемому в сталеплавильном производстве. При этом они имеют даже некоторое преимущество перед углем и коксом вследствие более низкой влажности, а полимеры (полиэтилен, полистирол, полиэтилентерефталат), текстиль, древесина обладают более низкой зольностью по сравнению с углями и коксом.

Таблица 1 – Химический состав и теплота сгорания твердых бытовых отходов

Компоненты	Влажность, %	Содержание, % сухой массы						Низшая теплота сгорания, кДж/кг
		зольность	C	H_2	O_2	N_2	S	
Кокс	5,0	10,0	87,7	0,4	0,3	1,2	0,4	29580
Уголь ТОМ, р-з Междуреченский	5,0-9,0	10,0	83,4	2,5	2,3	1,7	0,3	29517
Бумага	менее 1,0	4,0	42,6	5,9	47,4	0,5	0,2	19978
Полиэтилен	менее 1,0	менее 1,0	91,5	8,0	0,0	0,5	0,1	39115
Полистирол	менее 1,0	менее 1,0	96,5	3,0	0,0	0,2	0,0	35680
Полиэтилентерефталат	менее 1,0	менее 1,0	55,0	4,0	41,0	0,0	0,0	22677
Текстиль	менее 1,0	1,0-3,0	55,1	6,8	31,2	4,8	0,1	22550
Древесина	1,0	1,0	51,0	6,1	41,6	0,2	0,1	19077

Коэффициент теплотехнической замены кокса отходами зависит от их состава и колеблется от 0,67 (бумага) до 1,32 (полиэтилен); расчетный коэффициент замены чугуна ломом при использовании

твердых бытовых отходов составляет 3,0 и 5,87 для бумага и полиэтилена, соответственно [3].

Для составления материального баланса конвертерной плавки были исследованы опытные плавки, проведенные на 350-т агрегатах ОАО «ЗСМК».

Опытные плавки проводились со взвешиванием и химическим анализом исходных материалов, раскислителей и полученных продуктов. Твердые бытовые отходы подавали в конвертер в завалку совместно с ломом для его предварительного нагрева. В течение нагрева с весов дополнительно присаживали уголь. Продолжительность нагрева составляла 6 – 12 мин.

Продувку осуществляли через четырехсопловую фурму с интенсивностью 1000 – 1200 $м^3$/мин без дожигания окиси углерода. Состав чугуна опытных плавок колебался в сравнительно узких пределах: 4,10 – 4,45 % C, 0,40 – 0,45 % Mn, 0,45 – 0,55 % Si, 0,15 – 0,25 % P, 0,015 – 0,020 % S. Средний состав присаживаемых по ходу плавок сыпучих материалов приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав сыпучих материалов

Наименование материала	Содержание компонентов, %											
	CaO	SiO_2	MgO	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaF_2	MnO	P_2O_5	S	CO_2	H_2O
Известь	89,00	1,23	1,52		0,82	0,45				0,04	6,25	0,69
Марганцевый агломерат	3,0	20,0	1,0	12,00	31,0	5,0		27,80	0,20			
Известково-магнезиальный флюс	55,0	6,0	36,0			3,0						
Алюминиевая выбойка						15,10	34,40			0,08	50,42	
50,42* – содержание углерода в выбойке												

Химический состав металла перед раскислением в опытных плавках был следующий: 0,05 – 0,10 % C, 0,13 – 0,16 % Mn, 0,012 – 0,015 % P, 0,014 – 0,016 % S; температура металла на повалке составляла 1650 – 1700 ^oC.

Результаты расчетов материального баланса плавок в пересчете на 100 кг металлической завалки (суммы чугуна и скрапа) представлены ниже:

Опытные плавки	I	II	III
Подано, кг:			
жидкий чугун	70,000	74,000	75,000

скрап	30,000	26,000	25,000
известь	6,221	6,445	6,452
марганцевый агломерат	0,760	0,750	0,750
кислород технический на прогрев	0,957	0,942	0,940
кислород технический на продувку	7,423	7,825	7,849
известково-магнезиальный флюс	0,900	0,920	0,930
футеровка конвертера	0,200	0,200	0,200
уголь на прогрев	0,650	0,700	0,680
твердые бытовые отходы	0,800	0,450	0,600
миксерный шлак	0,500	0,500	0,500
алюминиевая выбойка	0,600	0,650	0,580
Всего	119,011	119,382	119,481
Получено, кг:			
жидкая сталь	92,249	91,561	91,457
шлак	12,681	13,012	13,127
газы (включая прогрев и потери при прокаливании)	12,058	12,235	12,804
пыль (включая вынос извести и агломерата)	1,200	1,114	1,008
выбросы и прочие неуточненные потери	0,823	1,460	1,085
Всего	119,011	119,382	119,481

Выполненные расчеты показали высокую сходимость с технологическими параметрами опытных плавок, что свидетельствует о возможности переработки твердых бытовых отходов при окислительном рафинировании металла в кислородных конвертерах без ухудшения качества продукции.

Библиографический список

1. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов / В.А. Кудрин. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.
2. Мокринский А.В., Лаврик А.Н., Протопопов Е.В. и др. Способ переработки твердых бытовых отходов в кислородном конвертере // Патент РФ № 2287111, C21C5/28, F2365/00. Заявл. 02.02.2005. – Опубликовано 10.11.2006.

3. Нугуманов Р.Ф. Повышение эффективности применения твердого топлива для снижения расхода чугуна в конвертерах / Р.Ф. Нугуманов, Е.В. Протопопов, Е.П. Волынкина и др. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 18. СибГИУ. – Новокузнецк, 2007. – 208 с., ил.

Научный руководитель к.т.н., доцент Ганзер Л.А.

УДК 697.1.

СТРУКТУРА ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЦИКЛИЧНОМ РЕЖИМЕ ОТОПЛЕНИЯ

СТЕРЛИГОВ В.В., АЛЕКСЕЕВ И.И., ЗВОСКОВ А.В..

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Проблема энергосбережения находит все новые решения. При этом при всей очевидности полезного воздействия того или иного мероприятия в отдельности комбинированное воздействие их требует внимательного анализа с целью оптимизации общих результатов.

Критерием оптимизации в данном случае может быть стоимостный эффект внедренных мероприятий, если ситуация не накладывает значительных ограничений по отдельным показателям процесса, например, большой дефицит энергии или, наоборот, дефицит материалов для энергосбережения. Примером такой ситуации является энергосбережение в зданиях и сооружениях через их ограждения. Общепринятым является использование теплоизоляционных материалов, которые, как правило, устанавливаются с наружи («вентилируемые фасады»), что дает несомненный положительный эффект.

В последнее время широко внедряется практика циклического отопления зданий, особенно публичных (офисы, банки и т.д.), когда в рабочие часы внутри поддерживается температура, определяема санитарно – гигиеническими и иными нормативами, а в нерабочие часы температура снижается с целью уменьшения тепловых потерь. В нерабочие, условно, «холодные», часы температура воздуха в помещении снижается с 18 – 20 ^{0}С до 10 – 12 ^{0}С. За счет уменьшения температурного напора снижается тепловой поток через ограждение, а

сама стенка остывает, изменяя свою температуру. В «горячие» часы, отопление обеспечивает требуемую температуру, причем в начале периода отопления необходимо подавать форсированную тепловую мощность. Это необходимо для того, чтобы сделать время разогрева атмосферы короче, а с другой стороны, для того, чтобы компенсировать потери на аккумуляцию тепла стенкой для возвращения ее массы в начальное тепловое состояние.

Вопрос структуры цикла отопления (длительность отдельных периодов, подаваемая и теряемая мощность и другие параметры) требуют детального рассмотрения, но это проблема другого доклада. В настоящей работе рассматривается структура ограждения, т.е. конструкция стенки здания, в которой применяется изоляция.

Величина стационарного теплового потока через стенку определяется выражением:

$$q = \frac{t_{вн} - t_{нар}}{1/\alpha_{вн} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_{нар}}, Вт/м^2,$$

где $t_{вн}, t_{нар}$ – температура среды внутри и снаружи здания, соответственно, ^{0}С.

$1/\alpha_{вн}, 1/\alpha_{пар}$ – тепловое сопротивление процесса теплоотдачи в системе «среда-стенка», для внутренней и наружных поверхностей, $[Вт/м^2 \cdot град]^{-1}$.

$\delta_1/\lambda_1, \delta_2/\lambda_2$ – тепловое сопротивление слоев стенки, определяемое ее толщиной δ_λ [м] и коэффициентом теплопроводности материала стенки, $[Вт/м^2 \cdot град]$.

Задача решалась для бетонной стенки, для теплоизоляции которой применялась: а) наружная изоляция (базальтовые волокна); б) внутренняя изоляция (пенополиуретан).

Понижение температуры внутри проводилось с 20 ^{0}С до 12 ^{0}С, температура наружной среды была неизменной -30 ^{0}С.

Были рассчитаны поля температур и величина теплового потока.

Для этих условий оказалось, что больший эффект дает внутренняя изоляция. Причиной этому является меньшие затраты тепла на аккумуляцию тепла внутренней стенкой. При наружной изоляции падение внутренней температуры приводит к значительному остыванию бетонной стенки, обладающей хорошей

теплопроводностью. При нагреве внутренней среды внутренняя стенка повышает свою температуру и затраты тепла на аккумуляцию будут значительно больше для бетонной стенки, обладающей большой плотностью. Если в качестве материала внутренней стенки используются пенополиуретан, то нагрев стенки до рабочего уровня осуществляется при меньших энергозатратах.

Хотя при расчетах были получены количественные результаты, выводы даются на качественном уровне, поскольку количественные параметры в каждом случае будут определяться конкретными условиями (размер слоев, вид материала и т.д.).

Выводы работы применимы для помещений с циклическим режимом отопления, к которым могут быть отнесены и все объекты с печным отоплением, включая садовые домики. Учитывая реальный переход к режимам циклического отопления по мере аппаратного обеспечения этого процесса (выпуск систем регулирования, установка внутренних отопительных сетей с автономным регулированием и т.д.) указанное направление исследований необходимо продолжить с целью разработки возможных комбинаций материалов и конструктивных решений по отдельным элементам зданий.

Снижение энергозатрат на отопление на отопление социальных зданий дает не только энергетический эффект, но и улучшит экологическую обстановку в городе, поскольку уменьшится количество потребного топлива и выбросов от его сжигания.

УДК 621.783

ПОДГОТОВКА ШАХТНОГО МЕТАНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Стерлигов В.В., Коротков С.Г., Размахнин Д.А.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнец

Проблема шахтного метана, которая долгое время рассматривалась в рамках вопроса безопасности труда шахтеров, в последнее время приобрела другие аспекты ее разрешения.

Экологический аспект предполагает подавление метановых выбросов метана в атмосферу, поскольку он является одним из газов, которые создают так называемый «парниковый» эффект, причем более значительный, чем это делает … углерода. В соответствии с …

протоколом предусмотрена плата за выбросы метана в атмосферу, а если учесть, что он начинает действовать в России с 2008 года, то вопрос … выбросив шахтный метан в атмосферу уже приобретает стоимостные оценки.

С другой стороны, конечный размер запасов энергоносителей, который человек использовал до сих пор в своей деятельности, требуют использования альтернативных, нетрадиционных видов топлива и энергии. Для металлургической промышленности, которая работает на техногенных газах (доменной, коксовой и другие газы), использование шахтного метана является требуемым нетрадиционным подходам. В настоящее время наибольшее распространение получено использование шахтного метана для собственных нужд при производстве электрической и тепловой энергии на шахтах. Известны значительные по мощности комплексы, которые применяют за рубежом (Австралия, США) для этих целей, когда … при дегазации … газ используется прямо на месте.

Исследования, которые несколько лет провели работники кафедры теплофизики и промышленной экологии Сибирского Государственного индустриального университета на одной из шахт Кузбасса показали, что получаемый при дегазации газ содержит … метана, имеет круглогодичную температуру 8-12 ^{0}С и влагосодержание, соответствующее равновесному состоянию при этой температуре, 6-8 $^{2}/_{м^3}$. Наличие влаги в извлекаемом газе практически не влияет на процесс его промышленного использования непосредственно вблизи скважины и особенно при теплом климате. При транспортировке такого на расстояние, которое будет значительным, если его использовать вне шахты, необходимо предварительно его осушить, как это делается и с природным газом перед закачкой его в трубопроводы. На промышленных месторождениях это делается путем охлаждения газа с использованием мощного оборудования … с достижением … .

При использовании шахтного метана, очевидно, объемы его будут значительно меньше, и применять специальное мощное оборудование газовой промышленности невозможно, а небольших установок такого назначения просто не существует. Поэтому возникает ряд специфических вопросов по … метана перед транспортировкой его с шахты на завод или к другому удаленному потреблению. Поскольку проблемы с … газом возникает только в холодное время года (конденсация, замерзание), … газа можно использовать его охлаждение за счет низкой температуры атмосферного воздуха.

Эта идея, создателем и разработчиком которой является один из

авторов настоящей статьи реализована Кузбасским центром управления энергосбережения «Кузбасс-Энерго» на одной из шахт Кузбасса. Построенная установка позволила снижать температуру шахтного метана до отрицательных значений температуры с удалением образующего конденсатора.

Основным процессом в заданной схеме осушки шахтного метана является теплопередача от шахтного метана, подаваемого в циклон, к атмосферному холодному воздуху, который подается на наружную поверхность циклона. Количество … выражается уравнением

$$q = \frac{t_u - t_в}{1/\alpha_u + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_в}, \left[Вт/м^2 \right], \qquad (1)$$

где $t_г$ и $t_в$ – температура газа и атмосферного воздуха, соответственно, ^0C;

$\alpha_г$ и $\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи на газовой и воздушной стороне, $Вт/м^2 \cdot град$;

σ_1 и σ_2 - … циклона и ледяной корки, м;

λ_1 и λ_2 – коэффициент теплопроводности стали и льда, $Вт/м^2 \cdot град$.

Общий тепловой поток (отбор тепла воздухом) выражается уравнением

$$Q_в = q \cdot F_1, \qquad (2)$$

где F – площадь поверхности циклона, $м^2$;

На основании уравнения теплового баланса $Q_в = Q_г$, определяли уровень понижения температуры, соответствующее ей влагосодержание, а так же толщину корки льда, образующегося из конденсатора на внутренней поверхности циклона.

Расчеты проводили в интервале изменения температуры атмосферного воздуха от -10 ^0C до -30 ^0C, начальная температура газа при этом оставалась постоянной t_2 = 10 ^0C. На наружной поверхности циклона задавались граничными условиями I рода ($t_{среда}$ = const), а на внутренней поверхности задавались граничными условиями III рода ($t_{пов}$ = const). Последнее обусловлено тем, что внутренняя поверхность – это место, где существует пограничное состояние «вода-лед». Образующиеся в охлажденном газе капли конденсата за счет центробежных сил, действующих в циклоне, отбрасываются на его стенки. Действующая с наружной стороны циклона отрицательная

температура ведет к дальнейшему отвода тепла и образуется корка льда. По мере нарастания тепловое сопротивление ее увеличивается, интенсивность теплового потока уменьшается и, наконец, устанавливается равновесие, когда на поверхности льда устанавливается температура переходного состояния «жидкость-лед», т.е. $t_{\lambda}=0$.

Расчеты показали, что понижение температуры шахтного газа и степень его осушения зависят от количества подаваемого охлаждающего воздуха, обеспечивающего тот или иной уровень интенсивности теплоотбора. Поскольку эти величины зависят от … не приводятся количественные показатели расчетов, поскольку они в каждом случае будут разными.

В целях, расчеты показывают, что влагосодержание может быть понижению $1/м^3$, что соответствует равновесной температуре (точке росы) порядка ^{0}С. Дальнейшая осушка возможна с использованием … или …, что и делалось на … опытной установке.

Таким образом, была предложена методика расчета, создана математическая модель осушки шахтного метана при использовании отрицательных температур окружающей среды.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ 3
Концепция технопарка о развитии отрасли управления отходами в Кузбассе
Прошунин Ю.Е., Волынкина Е.П. 5
Теоретические аспекты управления отходами
Волынкина Е.П. 10
Подготовка специалистов в области переработки отходов в Сибирском государственном индустриальном университете
Волынкина Е.П., Коротков С.Г. 18
Экономическая и экологическая эффективность внедрения природоохранных мероприятий
Харлашин П.С., Буторина И.В., Григорьева М.А., Романов О.И. 24
О рациональном водопотреблении и водоотведении
Буторина И.В., Харлашин П.С., Бакст В.Я. 28
О проблемах утилизации и переработки отходов автотранспорта
Воскресенская Т.П., Громова О.Д. 30
Экономические перспективы регурования квот парниковых газов
Харлашин П.С., Протопопов Е.В., Стрижак А.Е., Кулбанов С.Х., Яценко А.Н. 35
Управление угольными отходами – это рациональное использование недр
Иванов В.П. 39
Экономико-технологические аспекты переработки отходов промышленности
Никитенко С.М. 41
НОВЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ, ТОПЛИВА И МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ 46
Получение углеродистых сорбентов экологического назначения из отходов полукокса
Страхов В.М., Суровцева И.В., Унтербергер О.Г., Глянченко В.Д., Капустина Н.В. 47
Утилизация отходов в доменном производстве НКМК
Смирнов С.Н. 51
Перспективы утилизации крупнотоннажных промышленных отходов юга Кузбасса в производстве керамического кирпича
Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Столбоушкина О.А. 58

Опыт лаборатории «Строительные материалы» СибГИУ по исследованию и применению техногенных продуктов
Панова В.Ф. 66
Безобжиговые композиционные материалы с использованием зольных отходов
Гладких И.В., Волынкина Е.П. 71
Расширение сырьевой базы керамической промышленности
Карпачева А.А. 78
Формообразование сыпучих материалов напылением шихты на донный гарнисаж окомкователя
Павловец В.М. 83
Использование нитевидных отходов производства при получении железорудных окатышей
Павловец В.М. 89
Брикетирование отходов углей и кокса для получения специальных видов топлива
Динельт В.М., Ливенец В.И., Никишанин М.С., Страхов В.М. 93
Брикеты на основе мелкозернистого буроугольного полукокса из углей Канско-Ачинского бассейна
Динельт В.М., Страхов В.М., Ливенец В.И., Никишанин М.С., Аникин А.Е., Суровцева И.В. 97
Механохимический синтез новых огнестойких керамических материалов с использованием вторичных минеральных ресурсов
Луханин М.В. 101
Использование пыли от дробления ферросилиция
Рожихина И.Д., Романенко Ю.Е. 107
Переработка шлаков производсва силикомарганца
Рожихина И.Д., Романенко Ю.Е. 110
Золошлаковые отходы ТЭЦ на кузнецких углях и пути их масштабной утилизации
Саломатов В.В. 116
Использование техногенных отходов для модифицирования алюминиевых сплавов
Кольчурина И.Ю. 124
Альтернативные восстановители на основе твердых бытовых отходов
Халаман Н.А., Волынкина Е.П. 128
Обзор мер, направленных на организацию управления отходами, в разных федеральных округах РФ
Величко Е.В. 133

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ 149
Изучение распределения тяжелых металлов в системе отходы – вода – почва для золошлаковых отвалов Кемеровской области
Иваныкина О.В., Журавлева Н.В. 151
Определение 2,4,6-тринитротолуола в отходах и сточных водах горнодобывающей промышленности методом хромато-масс-спектрометрии
Журавлева Н.В., Бобкова Т.А. 158
Экологическая оценка утилизации отходов лечебно-профилактических учреждений города
Голиков Р.А., Олещенко А.М., Суржиков Д.В. 164
Изучение возможности снижения вредных выбросов в атмосферу при глубоком дожиге горючих компонентов циркулирующего газа УСТК
Коробейников А.П. 170
Исследование модели формирования структуры газозолосиликата
Камбалина И.В. 173
Результаты измерений вредных выбросов при сжигании суспензионного угольного топлива
Мурко В.И., Федяев В.И., Дзюба Д.А., Журавлева Н.В. 177
ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СБОРА, ТРАНСПОРТИРОВКИ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ
Мероприятия по снижению взрывопожароопасности на полигонах твердых бытовых отходов
Наумов И.С., Середа Т.Г. 191
Очистка шламопроводов аспирационных систем коксохимического производства
Бальцер Д.В., Алексеева Н.М., Самигулина Л.А., Павлович Л.Б. 193
Утилизация осадков сточных вод городских очистных сооружений: агроэкологический аспект
Водолеев А.С., Зубко И.А. 197
Утилизация смолистых отходов коксохимического производства в условиях НКМК
Мохначёв А.В. 202
Использование отходов коксового цеха в агломерационно-известковом производстве ОАО «ЗСМК»
Одинцов А.А., Долинский В.А. 208
Рецикл техногенных отходов при производстве агломерата и чугуна

Долинский В.А., Дячок Н.Г., Шарига А.Д., Портнов Л.В., Никитин Л.Д., Бугаев С.Ф., Домнин К.И. 218
Использование шлака производства ферросилиция при выплавке стали в электросталеплавильном цехе ОАО «НКМК»
Годик Л.А., Козырев Н.А., Кузнецов Е.П., Шабанов П.А., Тяпкин Е.С., Зайцев И.А. 227
Экономические и экологические преимущества строительства районных мусоросортировочных станций (МСС) в Новокузнецке
Панов Б. П. 229
Извлечение марганца их отходов производства
Нохрина О.И., Прошунин И.Е., Рожихина И.Д. 227
Аттестация техногенного микрокремнезема и перспективы его переработки
Руднева В.В., Галевский Г.В., Журавлева И.А. 236
Переработка горючих компонентов твердых бытовых отходов в металлургии
Волынкина Е.П., Климовская И.А., Долгополов В.П., Протопопов Е.В., Соколов В.В., Ганзер Л.А., Щеглов М.А. 243
ОБ использовании технологии ромелт для переработки отходов промышленных предприятий Кемеровской области
Валавин В.С., Шкурко Е.Ф., Похвиснев Ю.В., Макеев С.А.....251
Деятельность в области переработки отходов ЗАО «Сибирская консалтинговая компания»
Демчук С.В. 255
Универсальный плавильный энерготехнологический агрегат для руд и отходов производства
Сборщиков Г.С., Крупенников С.А., Шкурко Е.Ф.....259
О создании пилотного образца струйно-эмульсионного энерго-металлургического агрегата типа СЭР и полигона для отладки комплесных технологий
Цымбал В.П., Мочалов С.П. 268
Утилизация пыли, образующейся при производстве ферросилиция
Симонян Л.М. 273
Схема энерго-металлургического комплекса на основе агрегата типа СЭР
Цымбал В.П., Мочалов С.П., Оленников А.А. 277
СТУДЕНЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ 283
Химический и минералогический состав сталелитейных конверторных шлаков
Вольф О.А., Базарова М.И.....285
Антропогенное воздействие на почвы города Новокузнецка

Франк А.С., Хабарова Е.В. 288
Призводство строительных изделий на основе полимерных отходов
Кипреев М.С. 293
Исследование техногенных продуктов как сырья для призводства строительных материалов
Бугримова Н.А. 297
Исследование природных глин Барзасского месторождения для производства огнестойкой керамики
Горшков Д.Г. 302
Концепция решения проблемы управления обращения с бытовыми отходами в Кузбассе
Донских Т.А. 306
Расчет и анализ показателя относительного техногенного накопления химических элементов в почвах ландшафта (на примере Центрального района г. Новокузнецк Кемеровской области)
Донских Т.А. 315
Вторичная переработка автомобилей
Касьянов М.Н. 318
Экологический мониторинг и пути решения проблем выбросов автомобильного транспорта
Спиридонов А.Н. 324
Материальный баланс конвертерной плавки с использованием твердых бытовых отходов
Калиногорский А.Н., Васильева Т.А. 327
Структура ограждения здания для обеспечения энергосбережения при цикличном режиме отопления
Стерлигов В.В., Алексеев И.И., Звосков А.В.. 330
Подготовка шахтного метана для использования в качестве металлургического топлива
Стерлигов В.В., Коротков С.Г., Размахнин Д.А. 332

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ – ОСНОВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В КУЗБАССЕ

Сборник докладов второй Международной научно-практической конференции

Под общей редакцией Е.В. Протопопова

Технический редактор Е.П. Волынкина

Компьютерная верстка Е.Ф. Мелещук

Художественное оформление обложки Н.А. Халаман

Подписано в печать 16.11.2005
Усл. печ.л.. 16,18
Уч.-изд.л. 17,19
Бумага писчая
Печать офсетная

Формат бумаги 60×84 1/16
Тираж 500 экз.
Заказ № 781

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Типография СибГИУ