
**ТЕРМИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ
В КОКСОВЫХ ПЕЧАХ ОТХОДОВ
КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

© 2009 Борисенко А.Л., к.т.н. (УХИН)

В статье дан анализ существующего положения с использованием отходов коксохимического производства в качестве присадки к угольной шихте. Представлены результаты по разработке процессов, позволяющих расширить ассортимент горючих органосодержащих отходов для термообезвреживания их пиролитическим методом с использованием камер коксования различных коксохимических предприятий.

In the article the analysis of existent state is given with the use of coking plant wastes as additives to the coal charge. Results are presented on processes development, allowing extending the types of combustible organic wastes for thermal destroying by a pyrolysis method with the use of coking chambers of various plants.

Ключевые слова: термообезвреживание, пиролитический метод, коксовые печи, горючие, органосодержащие отходы, присадка к угольной шихте, коксохимические предприятия.

.....

Современное коксохимическое производство представляет собой сложный технологический комплекс, характеризующийся многотоннажностью потребляемого сырья (угольных концентратов) и вспомогательных материалов, непрерывностью производства, разнообразием технологических процессов и аппаратов, большим ассортиментом производимой продукции, значительным количеством материальных и энергетических потоков с образованием побочных продуктов и неизбежных отходов.

Наиболее эффективным для коксохимических предприятий представляется способ утилизации (обезвреживания) отходов введением их в шихту для коксования с соблюдением требований, обеспечивающих сохранность основных фондов, предотвращающих ухудшение качества выпускаемой продукции и экологических показателей [1].

Одним из направлений научной деятельности УХИНа является разработка технологии переработки максимально возможного количества побочных продуктов и отходов в собственном технологическом цикле в привязке к конкретному предприятию, с учетом специфических особенностей его инфраструктуры, сырьевой базы коксования, действующих технологий, компоновки, аппаратного оформления и других факторов. Наряду с использованием некоторых видов отходов в рецептурах смесевых товарных продуктов, переработка отходов производства и потребления путем добавки их к угольной шихте позволит создать замкнутый (рециркуляционный) цикл утилизации отходов как вторичного материального или энергетического сырья.

Инфраструктура современного коксохимического производства позволяет выполнить требования основных принципов государственной политики в сфере обращения с отходами, используя собственные производственные мощности. Пиролитическое разложение побочных продуктов и отходов в высокотемпературных агрегатах – коксовых печах, а также последующая переработка и использование продуктов коксования осуществляются по действующим

технологиям с максимальным использованием существующего оборудования и в едином технологическом цикле коксохимического производства.

Пиролитической переработке в коксовых печах в виде присадки к угольной шихте целесообразно подвергать отходы, содержащие в своем составе органические вещества и материалы. При этом твердая составляющая продуктов термохимической деструкции отходов перейдет в углерод и золу кокса, а газообразная – в коксовый газ.

Представляют интерес исследования ДонГТУ по переработке смесей углеродистых промышленных и бытовых отходов (ПБО) с получением твердого топлива и зольных остатков для производства стройматериалов [2, 3]. Предложен процесс термической деструкции (термолиза) в наклонных термолизных печах (НТП). Эксперименты по компаундированию и брикетированию отходов, влиянию состава компаундсмесей на свойства и выход продуктов термолиза и получение твердого термолизного топлива проводили в промышленной коксовой печи АКХЗ. Брикетывали из измельченной массы углеродистых ПБО с добавлением шлама углеобогащительной фабрики и связующего – кислой смолки сульфатного отделения. Брикетывали их в «спутники» и подвергали коксованию вместе с угольной шихтой. Исследования свойств полученного твердого термолизного топлива показали, что его можно использовать при сжигании в топках для получения энергии или в качестве бездымного бытового топлива.

Универсальность современных металлургических технологий и агрегатов для переработки отходов, в т.ч. и бытовых, исследовалась на ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» [4]. В частности, здесь разработан один из вариантов отраслевого и межотраслевого рецикла в коксохимическом производстве. При этом коксовая батарея рассматривается не только как агрегат для производства кокса, но и как реактор для утилизации различных техногенных углеродсодержащих отходов – как собственных, так и других отраслей промышленности и потребления. Жидкие отходы и побочные продукты (кислая смола, полимеры бензольного отделения, отходы производства фталевого ангидрида, некондиционные смолы) подаются в шихту на коксование через установку утилизации химических отходов. Твердые – осадок пека, отходы производства фталевого ангидрида, осадки из аммиачных колонн и др. подаются в шихту через вагоноопрокидыватель и углеподготовительный цех. В результате внедрения данной работы все жидкие и твердые отходы коксохимического передела ОАО «ЗСМК» на 100 % утилизируются в шихте на коксование.

В лабораторных и опытно-промышленных условиях проведены исследования возможности утилизации в угольной шихте при производстве кокса отходов других производств и твердых бытовых отходов (ТБО). Исследуемыми материалами служили измельченные отработанные автошины (без извлечения металлокорда), пластиковые бутылки, фусы из смолохранилищ, ТБО, в состав которых входили текстиль, дерево, бумага, пластик, резина, кожа. Все отходы вводились в шихту в количестве 1-7 % [4].

Вязко-текучие фусы из смолохранилищ смешивали с резиновой крошкой (измельченной до 2,5 мм), получали сыпучий материал и дозировали его в шихту через имеющуюся на КХП установку утилизации химотходов. При введении такой присадки в шихту до 5 % качество кокса улучшалось, повышался выход химических продуктов коксования на 59,6 %. Аналогичные испытания проведены с добавлением отходов пластиков или ТБО в смеси с фусами (1 % от массы шихты). При этом качество кокса оставалось на требуемом уровне. Внедрение результатов исследований позволит без ущерба для производства и значительных капитальных затрат квалифицированно утилизировать полимерные отходы металлургического комбината и г. Новокузнецка [4].

Японской фирмой «Nippon Steel» разработана, исследована и применена в промышленном масштабе технология рециклинга пластиковых отходов с утилизацией в коксовых печах [5]. Перед использованием бытовые пластиковые отходы подготавливали по следующей схеме:

удаляли металлические включения с помощью магнитной сортировки; затем грубо измельчали в дробилке, а чужеродные материалы удаляли с помощью сепаратора. Окончательное измельчение производили до крупности около 10 мм, с последующим уменьшением объема материала в шнековой мешалке при 120 °С. После этого пластическую массу дробили до крупности около 25 мм, охлаждали, смешивали с углем и загружали в печь. Промышленные коксования угольной шихты с добавлением пластиковых отходов показали, что при массовой доле последних 1 % от угля качество кокса не ухудшается. Использование 1 % пластиковых отходов в шихте для коксования в масштабах черной металлургии Японии эквивалентно утилизации до 500 тыс. т/год таких отходов.

УХИНам разработаны способы термообезвреживания с использованием камер коксовых печей отходов как основного коксохимического производства, так и большого ассортимента отходов вспомогательных производств и отходов производственного потребления, [6].

Для осуществления данного процесса необходимо установить количества подаваемых отходов, не снижающие качество кокса и позволяющие несколько увеличить валовый выход основных коксохимических продуктов (кокса, смолы и газа) в результате замыкания в технологический цикл потерь сырья в виде отходов или дополнительной массы нетехнологических отходов.

Подача в шихту для коксования отдельных видов отходов и побочных продуктов (таких, как каменноугольные фусы) практикуется на всех коксохимических предприятиях. На ряде предприятий аналогичный процесс осуществляется для смолистых остатков очистки хранилищ, сборников и другого оборудования, кислых смол, не используемых для производства дорожного вяжущего материала, и др. В частности, на ОАО «Баглейкокс», в соответствии с технологическим регламентом, в настоящее время в угольную шихту для коксования вводят в виде эмульсии жидкие отходы и побочные продукты химических цехов: кислые смолки сульфатного отделения и цеха ректификации (нейтрализованные отработанными щелочными водами и КМА), остатки очистки хранилищ сырого бензола, смолы и масла биохимустановки, смолистые остатки от механической очистки оборудования, активный избыточный ил и др. Компонентами эмульсии для подачи отходов в шихту являются полимеры бензольного отделения, кубовые остатки цеха ректификации, сольвент-нафта.

По разработкам УХИНа на ОАО «Днепрококс» эксплуатируется установка по подаче твердых отходов производства в шихту. Кроме каменноугольных фусов, это, в основном, продукты очистки различных емкостей и оборудования – первичных газовых холодильников, ванн вакуумфильтров, регенераторов рабочего раствора сероочистки, электрофильтров, а также отходы зачистки коксовых батарей, автоклавный ил и сера некондиционная. В настоящее время перечень подаваемых отходов на утилизацию в шихту расширен за счет отходов, не имеющих квалифицированных направлений использования. К ним относятся, в частности, отходы химустановки (осадок дубового экстракта, шлам чистки газоходов муфельных печей, отработанная ткань фильтрпрессов), шламы от очистки оборудования (градирни, хранилищ сырого бензола, серной кислоты), отходы производственного потребления (промасленная ветошь, отработанные сальниковая набивка, силикагель, катионит, бумажные элементы масляных фильтров, отходы минеральной ваты, паронита). Общее количество дополнительно подаваемых в угольную шихту отходов составит около 275 т/год. В 2009 г. УХИНам произведена оценка воздействия на окружающую среду подачи в шихту этих отходов.

В 2004-2005 гг. УХИНам была разработана технология переработки отходов и побочных продуктов ОАО «Алчевсккокс» и ОАО «Запорожкокс» в собственном технологическом цикле коксохимического производства и выданы технологические задания на проектирование соответствующих процессов. В частности, проработан вариант возврата в технологический цикл побочных продуктов, составляющих рецептуру готового дорожного вяжущего марки «СТУ»: полимеров бензольного отделения и кислой смолки сульфатного отделения, а также

готового дорожного вяжущего. Это вызвано тем, что основной потребитель – предприятия автодора Украины – существенно уменьшили объем использования коксохимических вяжущих, в т.ч. и марки «СТУ».

Введение присадок отходов и побочных продуктов рекомендуется осуществлять следующими способами: в исходное сырье – угольные концентраты либо в готовую угольную шихту; в загруженные коксовые печи поверх засыпи угольной шихты через люки. Первые два способа предусматривают подачу шихты с присадками в камеры коксования через угольную башню, третий – минуя угольную башню.

Экспериментально определены и подтверждены производственным опытом следующие нормативы подачи отходов в шихту в зависимости от их зольности, % от массы шихты рабочей влажности:

- смолистых – не более 2;
- высокозольных – не более 0,1;
- номинальное суммарное количество присадки отходов при одновременной их подаче в различных точках – 1,0;
- в т.ч. высокозольных – не более 0,1.

Кроме того, в ТЛЗ представлены такие технические решения, как: модернизация существующих установок утилизации фусов, приготовление жидкой эмульсии на оборудовании существующих установок получения смолы тяжелой улавливания для дорожного строительства марки «СТУ» (в случае прекращения ее производства), новый узел подачи эмульсии или индивидуальных жидких отходов в угольную шихту, подача отходов на открытый склад угля, рекомендации по термообезвреживанию в коксовых печах (подача через люки) отдельных видов отходов. Даны рекомендации по сооружению на ОАО «Алчевсккокс» специальной печи для сжигания с утилизацией тепла органических отходов, переработка которых в камерах коксования требует специальной подготовки. На этой же установке можно будет термообезвреживать и часть опасных минеральных отходов, для которых не выдается разрешение на размещение на полигоне (в основном загрязненных нефте- и коксохимическими продуктами), что позволит их использовать в строительно-планировочных работах либо размещать на заводском полигоне.

В табл. 1 представлены перечень углеродсодержащих отходов и побочных продуктов и рекомендуемые способы подачи их в угольную шихту.

На ОАО «Запорожкокс» кроме дорожного вяжущего материала марки «СТУ» производится вяжущее марки «СТУР» с участием отходов (побочных продуктов) цеха ректификации сырого бензола. В виду того, что по указанной выше причине сбыт коксохимических вяжущих стал ограничен, вполне вероятно сокращение производства и вяжущего марки «СТУР». Поэтому следует предусмотреть возможность присадки к угольной шихте для коксования не только кислой смолки улавливания, но и кислой смолки ректификации сырого бензола – одного из компонента «СТУР», что повлечет за собой необходимость предварительной подготовки их по одной из разработанных УХИНОм технологий:

- приготовление жидкой смесевой эмульсии заданного качества из нескольких компонентов;
- индивидуальная обработка (для придания определенных свойств – нейтрализации кислотности, текучести и др.);
- отверждение.

Реализация этих решений обеспечит создание на предприятиях безотходного замкнутого технологического цикла основного коксохимического производства.

На ОАО «МК «Азовсталь», в состав которого в настоящее время входит коксохимическое производство (в прошлом ОАО «Маркохим»), осуществляется термообезвреживание отходов в высокотемпературных процессах на действующих технологических объектах металлургического и коксохимического производств комбината различными методами:

– сжигание в высокотемпературных агрегатах металлургического производства;
 – оплавление под горячими металлургическими шлаками;
 – термохимическое разложение (пиролиз) с использованием камер коксования коксовых печей в составе угольной шихты. Соотношение количества отхода на тонну шихты обосновано результатами проведенной УХИНОм научно-исследовательской работы.

Таблица 1

Перечень углеродсодержащих отходов и побочных продуктов ОАО «Алчевсккокс» и ОАО «Запорожжкокс» и способы подачи их в угольную шихту

Способ подачи отходов и побочных продуктов в угольную шихту	Наименование отходов и побочных продуктов
Через существующую установку утилизации фусов	Фусы каменноугольные. Шлам котлована сточных вод. Стружка и опилки древесные. Нефтешлам от очистки трансформаторных масел. Песок от уборки проливов. Опилки от уборки проливов. Остатки очистки железнодорожных цистерн. Шлам мойки автомобилей. Шлам от очистки бассейна воды ливневой канализации. Шламообразные отходы смолистые из накопителя
В виде эмульсии или индивидуальных жидких отходов на конвейер в формируемую в угольной шихте специальным инжектором канавку	Смолы и масла биохимической установки. Кислая смолка улавливания. Полимеры бензольного отделения. Остаток смолистый очистки отстойника воды после аммиачной колонны. Грязь после химчистки спецодежды. Отработанный раствор вакуум-карбонатной сероочистки. Отработанная смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ). Отходы масел технических отработанных. Обводненные смолистые отходы из накопителя
В угольные концентраты через открытый склад угля	Остаток нафталинсодержащий от очистки оборудования, газопроводов и бассейна градирни цикла КГХ. Остаток очистки после пропарки емкостей и хранилищ сырого бензола. Остаток очистки после пропарки хранилища каменноугольного поглотительного масла. Осадок иловый из азротенков БХУ. Остаток очистки хранилищ склада ГСМ. Отработанный ванадиевый катализатор. Загрязненный грунт. Фусы из смолохранилищ. Угольные концентраты (шихта) от ликвидации проливов и пропарки газопровода. Коксовые фильтры отработанные (от механической очистки сточных вод). Остаток смолистый из пеколовушек аммиачной колонны. Автоклавная грязь.

	Остаток смолистый после электрофильтров цеха мышьяково-содовой сероочистки. Опилки древесные от уборки проливов. Песок от уборки проливов. Шлам от очистки бассейна воды ливневой канализации.
--	---

Продолжение таблицы 1

В камеры загруженных коксовых печей через люки	Элемент бумажный отработанный из масляных фильтров транспортных средств. Изношенная спецодежда и рукавицы. Изношенная спецобувь. Промасленная ветошь. Отходы электроизоляции. Инструмент малярный отработанный. Отходы резиносодержащие (мелкие). Отработанное фильтровальное полотно (бельтинг).
Термообезвреживание в специальной печи	Отработанная деревянная насадка (накопленная). Отходы деревообработки. Шпалы деревянные отработанные.

К мощностям по обезвреживанию отходов на ОАО «МК «Азовсталь» относится также специальное топочное устройство (опытно промышленная установка) для термического разложения-сжигания отходов, расположенное в цехе улавливания химических продуктов коксования.

В табл. 2 представлены перечень отходов и побочных продуктов, их удельная норма использования и способы обезвреживания на КХП ОАО «МК «Азовсталь». Проведенные исследования, замеры и расчеты при составлении ОВОС процесса термообезвреживания отходов в коксовых печах показали, что указанные в табл. 2 дозируемые добавки в шихту для коксования позволяют не только утилизировать образующиеся отходы, но и в ходе дальнейшего использования шихты обеспечивают на источниках выбросов соблюдение установленных нормативов, не оказывая при этом негативного влияния на качество продукции. На основании этого получено положительное заключение государственной экологической экспертизы на «Постоянный технологический регламент УПЦ», предусматривающий обезвреживание отходов путем подачи их в угольную шихту.

УХИНОм также разработаны и утверждены в установленном порядке инструкции (регламенты) ОАО «МК «Азовсталь» по обращению с промышленными отходами, использованию и термическому обезвреживанию отходов в процессах металлургического производства, по обезвреживанию и размещению отходов в местах их удаления.

Предметом исследований для разработки процесса термообезвреживания горючих отходов в условиях ОАО «Авдеевский коксохимический завод» стали органосодержащие отходы, образующиеся во вспомогательных производствах (отходы деревообработки, отработанная электроизоляция), а также в результате производственного потребления и от выполнения работ (промасленная ветошь, изношенная спецодежда, отработанные бумажные элементы из масляных фильтров, шихта, опилки от ликвидации проливов нефте- или коксохимических продуктов). Подача этих отходов в коксовые печи позволит исключить вывоз не утилизируемых отходов на полигоны, а также снизить расходы на договоры со сторонними организациями для переработки или удаления отходов.

Были установлены параметры технологического режима, способы подготовки и подачи отходов на загрузку угольной шихты в коксовых печах, требования к условиям сбора, хранения,

транспортирования отходов, так как отходы поступают в коксовые печи не постоянно, а по мере их накопления в цехах.

Определение влияния термических условий на глубину обезвреживания отходов, времени, достаточного для утилизации, выхода твердого остатка осуществляли методом малых навесок. Для этого отходы помещали в перфорированные металлические контейнеры – «спутники», которые забрасывали в низ и верх камеры коксования через люк коксовой стороны. После выдачи кокса из этих камер термообработанные отходы высушивали и взвешивали. В результате установлено, что выход сухого твердого остатка зависит от вида отхода и продолжительности его термообработки до выдачи печи и составил 15-32 % от массы отхода. В пересчете на недельную выработку замусоренность кокса за счет утилизации отходов не превышала 0,0002 %. Твердый остаток от утилизации отходов попадает в товарную коксовую мелочь, которая после выдачи из печи валового кокса проходит вместе с ним все технологические стадии обработки (в т.ч. мокрое тушение, пылеподавление, пылеулавливание). Газообразные продукты пиролиза органических отходов переходят в коксовый газ, в составе которого проходят полный цикл очистки, переработки и использования.

Таблица 2

Перечень отходов и побочных продуктов, их удельная норма использования и способы обезвреживания на объектах ОАО «МК «Азовсталь»

Наименование технологического оборудования, процесса	Наименование отхода	Удельная норма использования отхода
Термическое разложение-сжигание отходов в специальном топочном устройстве цеха улавливания КХП	<u>1-я группа отходов – одна загрузка 120 кг:</u>	кг/загрузку:
	Насадка бензольных скрубберов.	76
	Шпалы железнодорожные деревянные отработанные.	12
	Опилки древесные, загрязненные нефте- или коксохимпродуктами.	16
	Грунт, загрязненный нефте- или коксохимпродуктами	16
	<u>2-я группа отходов – одна загрузка 120 кг:</u>	кг/загрузку:
	Насадка деревянная отработанная (градирен).	82
	Отходы резины.	12
	Тара деревянная для бочек металлических из-под оксида мышьяка.	5
	Тара деревянная другая; упаковка бумажная и картонная; отработанные полотна вакуум-фильтров (загрязненные соединениями мышьяка), отработанные полотна вакуум-фильтров (в производстве серы), отработанные масляные фильтры и др. фильтрующие материалы.	13 (одного вида или всех вместе)
	Грунт, загрязненный нефте- или коксохимпродуктами	8
	<u>3-я группа отходов – одна загрузка 110 кг:</u>	кг/загрузку
	Насадка хордовая деревянная отработанная (серных и роданистых скрубберов)	110

Прием и дозирование отходов в угольную шихту в углеподготовительном цехе и передача шихты с отходами на коксование (пиролиз) в коксовый цех	Отработанные масла и отходы нефтепродуктов.	кг/т сухой шихты: 10
	Опилки древесные, загрязненные нефте- или коксохимпродуктами.	0,1
	Материалы электроизоляционные отработанные.	0,1
	Отходы деревообработки (опилки, стружка, щепа, пыль древесная, уловленная в ГОУ).	0,1
	Элементы бумажные фильтровальные из масляных фильтров отработанных.	0,1
	Материал текстильный обтирочный, загрязненный нефте- или коксохимпродуктами.	3
	Зола от сжигания насадок и др.отходов.	1
	Осадок из отстойников фенольной и ливневой канализации.	2
	Грунт, загрязненный нефте- или коксохимпродуктами.	2
	Песок, загрязненный нефте- или коксохимпродуктами.	2
	Отработанные СОЖ.	1
	Шихта угольная, загрязненная химпродуктами.	20
	Остатки от очистки паром газопроводов.	20
	Остатки от очистки оборудования, содержащие нафталин.	20
	Смолистые остатки очистки ж/д цистерн.	20
	Полимеры бензольного отделения.	3
	Автоклавная грязь.	3
	Кислая смолка улавливания.	3
	Отходы лакокрасок.	10
	Пыль серы.	2
	Смолы и масла биохимустановки.	10
Фусы каменноугольные.	10	
Отработанный раствор цеха сероочистки	11,3	

Отходы, представляющие собой разрозненные, достаточно мелкие предметы (промасленная ветошь, изношенная спец-одежда, отработанные бумажные элементы из масляных фильтров, обрывки электро-изоляции, отходы механообработки древесины), пакетировали, то есть упаковывали в полимерные или тканевые мешки либо в ткань из спецодежды. Масса пакета

составляла 3-8 кг в зависимости от плотности упаковки того или иного отхода. Обезвреживание пакетированных отходов осуществляли путем подачи их в коксовые печи через люки. Отходы в камеры коксования можно подавать дифференцированно, то есть каждый вид отхода отдельно, либо загружать несколько видов, но таким образом, чтобы суммарное количество не превышало 5-10 пакетов на одну печь. Как показали опытно-промышленные исследования, максимальное суммарное введение органосодержащих присадок (в виде отходов) не должно превышать 1 %, высокозольных – не более 0,1 %, высокосернистых – не более 0,01 % к массе угольной шихты.

Для утилизации угольной шихты и древесных опилок от ликвидации проливов нефте- или коксохимических продуктов предложен способ совместной подачи их с каменноугольными фусами. Для этого отходы следует загрузить в кузов автосамосвала, предназначенного для внутризаводского транспортирования фусов, и подать вместе с последними в УПЦ-1 на установку подачи фусов в шихту.

Полученные результаты позволили разработать процесс и схему экологически безопасной утилизации указанных выше отходов пиролитическим методом с использованием камер коксования. На их основе составлен технологический регламент термического обезвреживания отходов. Производительность по термообезвреживанию органических отходов составляет не более 220 кг на одну печь. Данный метод позволяет обезвреживать на предприятии до 100 т отходов в год.

Выводы

1. Пиролиз в коксовых печах является наиболее рациональным и экологически безопасным способом переработки текущих и накопленных углеродсодержащих отходов.

2. Переработка отходов коксохимического производства и производственного потребления путем добавки их к угольной шихте обеспечит полное прекращение их удаления за пределы предприятия, не ухудшит качество металлургического кокса, не увеличит выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

3. Разработана технология, которая обеспечит комплекс мероприятий, позволяющих создать замкнутый цикл (рециклинг) утилизации отходов коксохимических предприятий, включая отходы основного производства и большой ассортимент отходов вспомогательных производств, производственного потребления и от выполнения работ (оказания услуг).

4. Установлено максимальное суммарное количество подачи отходов в шихту в зависимости от их зольности (% от массы угольной шихты): смолистых – 1-2; высокозольных – 0,05-0,1; высокосернистых – не более 0,01.

Библиографический список

1. Старовойт А.Г., Пидгурский И. И., Торяник Э.И., Шульга И.В. и др. Утилизация отходов коксохимического производства. 1. Отходы цехов улавливания и сероочистки // Кокс и химия. – 2000. – № 6. – С. 35-43.

2. Парфенюк А.С. Крупномасштабная комплексная переработка твердых углеродистых промышленных и бытовых отходов // Кокс и химия. – 2001. – № 5. – С. 41-43.

3. Парфенюк А.С., Антонюк С.И. Получение твердого топлива из смесей угле-родистых промышленных и бытовых отходов // Кокс и химия. – 2001. – № 5. – С. 44-47.

4. Павлович Л.Б., Долгополов В.П., Попов А.А., Калинина А.В. Рецикл техногенных отходов в коксохимическом производстве // Сталь. – 2004. – № 5.

5. По материалам 5-го Европейского конгресса по коксохимическому и доменному производствам. Развитие технологии утилизации пластиковых отходов в коксовых печах // Кокс и химия. – 2006. – № 6. – С. 34-36.

6. Ковалев Е.Т., Борисенко А.Л. Переработка отходов и побочных продуктов в собственном технологическом цикле коксохимического производства // Сб. науч. статей 15-й

Международной научно-практической конференции: Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов.Т.2: – Харьков: 2007. – С. 265-267.

Рукопись поступила в редакцию 17.02.2009