

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

Администрация Кемеровской области

Кемеровское региональное отделение
Российской экологической академии

НП «Экологический региональный Центр»

ЗАО «Кузбасская ярмарка»

Новокузнецкий фонд поддержки предпринимательства

ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»

Посвящается 75-летию
Сибирского государственного
индустриального университета

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ – ОСНОВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ В КУЗБАССЕ

Сборник докладов
первой Международной
научно-практической конференции

Под редакцией профессора д.т.н. Протопопова Е.В.

Новокузнецк
2005

УДК 658.567.1: 504.064
ББК30.69

Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: Сб. докладов Первой Международной научно-практической конференции. / Под ред. Е.В. Протопопова: СибГИУ. – Новокузнецк, 2005. – 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, 2005

Уважаемые участники Первой международной научно-практической конференции «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе»!

Сибирский государственный индустриальный университет – старейший вуз Кузбасса – в этом году отметил свое 75-летие. СибГИУ – это первый вуз в Кузбассе, выросший из отраслевого металлургического института до университета политехнического уровня с большим набором направлений подготовки специалистов. На сегодняшний день в ВУЗе обучается около 13 тыс. студентов, работает свыше 1500 преподавателей и сотрудников. Это большой научно-педагогический коллектив, научный потенциал, который способен решать в нашем регионе любые задачи. СибГИУ всегда был лидером в решении сложнейших инженерных и научных задач в области металлургии, горной промышленности, строительства.

Более 30 лет университет готовит специалистов в области промышленной экологии. В 2003 г. наш университет первым в России начал подготовку специалистов в сфере обращения с отходами по специальности «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов». Ученые университета имеют целый ряд научно-технических разработок в области охраны окружающей среды и переработки отходов. Университет всегда принимал активное участие в решении острых региональных проблем и готов взять на себя роль лидера в решении экологических проблем, в том числе связанных с промышленными и бытовыми отходами.

Однако проблема отходов является комплексной и не может быть решена только новыми технологиями или техническими решениями. Поэтому мы пригласили принять участие в Первой международной научно-практической конференции «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе» ученых, руководителей региональных и местных органов власти, федеральных контролирующих организаций, специалистов крупных промышленных предприятий, представителей малого и среднего бизнеса, общественности. Надеюсь, что эта конференция будет не только способствовать продвижению в практику научных исследований в области обращения с отходами в Кузбассе, но и положит начало конструктивному сотрудничеству всех заинтересованных в решении этой проблемы сторон.

Я благодарю всех участников конференции, особенно приехавших к нам в Кузбасс из других регионов России и из-за рубежа, и желаю всем Вам плодотворной работы и успехов.

Ректор СибГИУ, профессор
Уважаемые коллеги!



Н.М. Кулагин

Уважаемые коллеги!
Разрешите от лица управления природопользования
и природоохранной деятельности Администрации Кемеровской области
приветствовать Вас.

Отрадно отметить значительный интерес к проблеме управления отходами, эффективность которого, конечно же, проявится в оздоровлении экологической ситуации в области, в отдельном населенном пункте.

Проблема оптимального обращения с отходами производства и потребления очень актуальна в связи с большим количеством накопленных и ежегодно образующихся отходов.

Всем известен еще со школьной скамьи закон Ломоносова о сохранении материи. Тем не менее, выбрасывая в окружающую среду миллионы тонн отходов, мы продолжаем наивно полагать, что емкость природных сред и возможности их естественной утилизации безграничны и, таким образом, мы избавляемся от отходов навсегда.

В Российской Федерации ситуация в области обращения с отходами признается крайне неблагоприятной. По разным оценкам накопилось свыше 44 млрд. тонн отходов. В Кемеровской области объем накопления оценивается на уровне 8 млрд. тонн. Следует отметить, что данные по накоплению отходов, особенно в части твердых бытовых, носят относительный и оценочный характер.

Проблемы образования большого количества отходов одинаковы для России в целом и нашей области. Они связаны:

- со значительной материалоемкостью производств, использующих, в основном устаревшие технологии и оборудование;
- слабым развитием индустрии вторичной переработки отходов;
- практическим отсутствием полигонов для промышленных и бытовых отходов, отвечающих природоохранным и санитарным требованиям;
- широким распространением несанкционированных свалок, представляющих угрозу для окружающей среды и здоровья населения;
- несоответствующим обращением с медицинскими и биомедицинскими отходами.

Необходимо также отметить несовершенство законодательства в области обращения с отходами:

- не определены механизмы экономического стимулирования деятельности в области обращения с отходами;
- не проводится работа по приведению в соответствие законодательства Российской Федерации с международными нормами и др.

Обостряется проблема обращения с твердыми бытовыми отходами (ТБО). В настоящее время в нашей области ежегодно образуется свыше 1 млн. тонн отходов потребления.

При наличии в каждом районе, городе специфических особенностей, связанных с обращением с отходами, четко просматривается общий комплекс проблем:

- отчуждение под свалки и полигоны значительного количества земель (в настоящее время занято – 440 га);
- отсутствие полигонов, отвечающих природоохранным и санитарным требованиям;
- отвод участков и организация свалок без разработки проектно-сметной документации и оценки экологических последствий;
- неудовлетворительное санитарное состояние свалок;
- отсутствие предварительной сортировки и прессования отходов;
- эксплуатация полигонов ТБО и санкционированных свалок с нарушением природоохранных требований и др.;
- увеличение в бытовых отходах содержания экологически опасных веществ, в связи с расширением спектра применяемых в быту товаров бытовой химии, лекарственных средств, расширением парка личного автотранспорта;
- увеличение в объеме ТБО отходов упаковки и упаковочных материалов;
- проблема сбора – необеспеченность контейнерами для сбора, изношенность парка мусоровозов и др.

Характерно то, что ни одно муниципальное предприятие области не в состоянии самостоятельно построить современный полигон по захоронению ТБО, полностью отвечающий действующим требованиям, а тем более мусороперерабатывающий или мусоросжигательный завод.

В этой ситуации стратегической задачей становится вовлечение в хозяйственный оборот отходов, которые можно использовать в качестве вторичных материальных ресурсов. Иными словами, необходимо формирование рынка отходов на основе усиления материальной ответственности предприятий и организаций всех форм собственности за нарушение требований законодательства при обращении с отходами производства и потребления.

Должна быть создана и эффективно действовать система комплексного управления отходами, включающая не только традиционные способы утилизации отходов (сжигание и захоронение), но и мероприятия по сокращению их количества, вторичную переработку.

Такая система должна охватывать федеральный, региональный и муниципальный уровни, сочетать организационные, экономические и социальные подходы.

Основными направлениями по осуществлению комплексного управления отходами должны стать:

- снижение объема отходов;

- внедрение безотходных и малоотходных технологий;
- развитие сферы вторичного использования отходов;
- восстановление земель, загрязненных отходами;
- внедрение ресурсосберегающих технологий;
- усиление контроля за возникновением несанкционированных свалок и их ликвидация.

В настоящее время законодательная база в сфере обращения с отходами представлена, прежде всего, федеральным законом «Об отходах производства и потребления». Хотелось отметить, что концепция этого закона изменена федеральным законом от 22.08.2004 № 122. Практически полностью полномочия органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по государственному регулированию обращения с отходами переданы на федеральный уровень.

При этом значительно расширены полномочия органов местного самоуправления – поселений, муниципальных районов, городских округов.

Вместе с тем такие изменения в законодательстве вступают в противоречие с другими федеральными законами, и в первую очередь с федеральным законом «Об охране окружающей среды». Так, обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности невозможно без решения вопросов предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду.

Исключение из полномочий субъектов Российской Федерации полномочий по осуществлению правового регулирования в области обращения с отходами, государственного контроля и надзора за деятельностью в этой области не соответствует основным принципам охраны окружающей среды, в соответствии с которыми органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации ответственны за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической ситуации на соответствующих территориях.

Наряду с сокращением численности территориальных федеральных органов и отсутствием необходимых специалистов в органах местного самоуправления это может привести к значительному снижению эффективности государственного управления в области обращения с отходами и нарастанию загрязнения окружающей среды на территориях.

Расширение полномочий органов местного самоуправления по обращению с отходами следует признать положительным, так как именно эти органы решают все вопросы местного значения и обладают большой информацией о состоянии дел и проблемах в области обращения с отходами на территориях.

В тоже время отнесение полномочий по организации и переработ-

ке бытовых и промышленных отходов к полномочиям только органов местного самоуправления муниципальных районов и городских округов при отсутствии у них необходимых средств может привести к резкому увеличению числа несанкционированных свалок и загрязнения почв и подземных вод.

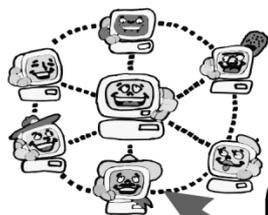
На федеральном уровне для обеспечения комплексного подхода к решению экономических и экологических проблем в области обращения с отходами намечается разработка и принятие законов: «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», «Об упаковке и отходах упаковки», «Об утилизации выведенных из эксплуатации транспортных средств», «О вторичных материальных ресурсах», «О плате за негативное воздействие на окружающую среду».

Думается, что результаты конференции придадут новый импульс активизации совместной деятельности всех ветвей власти федерального уровня, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, научных и проектных организаций, предпринимателей и иных заинтересованных сторон в решении такой важной для всех проблемы как наработка эффективного механизма обращения с отходами производства и потребления.

Начальник управления природопользования и природоохранной деятельности Администрации Кемеровской области Н.Ю. Вашлаева

На сайте “Мир отходов” можно разместить и
найти информацию об управлении отходами
www.waste.com.ua

Распространение
передового опыта
и практики



НГО “ЭкоИнформ”

Украина, 61052, Харьков, а/я 81

Тел./факс +380 57 7121105

e-mail: world_of_waste@mail.ru

Обмен
информацией



Использование
отходов



Мир отходов

- вторсырье: наличие и потребность
- опасные отходы
- технологии, оборудование
по переработке отходов
- услуги по обращению с отходами
- конференции, семинары,
выставки, издания
по проблеме отходов
- законодательство

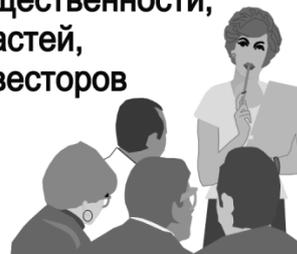
Решение
проблем



Партнерские
связи



Внимание
общественности,
властей,
инвесторов



**ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ
В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ.
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ
АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ**

О КОНЦЕПЦИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В КУЗБАССЕ

Медиокритский Е.Л., Колодзейчак А.Е.

*Представительство МАНЭБ в Польше, Варшава
(ООО «FITOMED», Варшава)*

В концепции экологического риска, разработанной проф. Страховой Н.А. [1], подчёркивается, что наряду с традиционным медико-биологическим подходом, реализуемым по схеме «территория – индивидум – социум», необходимо предложить расширенный инженерно-экологический (технократический) подход, осуществляемый по схеме «территория – время – техногенный объект – социум». Именно по такой схеме нужно рассматривать экологическую ситуацию в Кузбассе.

Известно, что на территории Кузбасса (почти 100 тыс. кв. км, свыше 3,5 млн. человек) с пуском крупнейших заводов чёрной и цветной металлургии, химии, стройиндустрии, угольных шахт и разрезов, предприятий горнорудной промышленности и т.д. с середины XX века создавалась и продолжает оставаться напряжённой экологическая ситуация, а вместе с ней и повышенный экологический риск. К имеющимся техногенным объектам промышленной индустрии добавляются всё увеличивающиеся (с течением времени и территорий) свалки (полигоны) коммунальных бытовых отходов (ТБО).

На примере крупнейших городов Кузбасса – Новокузнецка (более 600 тыс. чел.), Кемерово (свыше 550 тыс. чел.), а также шесть городов с населением свыше 100 тыс. чел., шесть городов с населением свыше 30 тыс. чел., двух десятков малых городов можно проанализировать и оценить влияние свалок (полигонов) на экологию всего региона.

Особенно неблагоприятная ситуация сложилась в самом крупном городе Кузбасса Новокузнецке. В черте города расположена свалка, «возраст» которой более 55 лет и территория 22,5 га. Свалка переполнена, идёт нерегулируемый подземный процесс горения с частыми поверхностными пожарами. К смогу от двух металлургических комбинатов, алюминиевого, ферросплавного и др. заводов добавляется выделяющийся биогаз. При неблагоприятной «розе ветров» город «задыхается». Общий экологический риск резко возрастает. Для снижения этого риска, улучшения экологической ситуации необходимо как можно скорее закончить строительство санитарного полигона с современной технологией по утилизации и захоронению ТБО, отвечающему новым международным требованиям по вторичному использованию и переработке по-

лезных компонентов ТБО.

Проблему утилизации ТБО решали и решают в настоящее время по четырём направлениям [2 – 6]:

Первое направление – сжигание. Причём считалось, что этот метод является решением проблемы уничтожения ТБО, но он оказался самым дорогим, не уничтожающим отходы, а только перераспределяющим их в воздухе, в воде и на земле. Однако разработки, проведённые в последние годы на ЗСМК в Новокузнецке, вселяют надежду, что сжигание отдельных компонентов ТБО в металлургических агрегатах (в конвертерах и др.) не несёт экологических опасностей и в будущем будет одной из рентабельных технологий по управлению ТБО.

Второе направление – компостирование, но мусороперерабатывающие заводы (МПЗ) не получили широкого распространения и не стали экономически оправданными предприятиями из-за высокого содержания стекла в компосте и отсутствия потребителей такого компоста. Опыт работы с 1965 г. Варшавского МПЗ наглядно это показал, ибо рядом с заводом в черте города вырос высотный полигон ТБО (свыше 50 м), который продолжает расширяться.

Третье направление – традиционные свалки и полигоны, создающие экологические опасности и ухудшающие экологическую ситуацию в любом городе.

Четвёртое направление – успешно развивающаяся технология утилизации ТБО путём глубокого прессования в брикеты после сортировки отходов, которое является выгодной и экономически оправданной альтернативой всем 3-м предыдущим. Учитывая прогрессирующее увеличение объёма образуемых ТБО на душу населения (1 кг в день и более) и возрастание расстояния между крупными центрами их образования и предприятиями по их захоронению, факторы транспортировки и экономии земельных площадей становятся решающими.

Преимущества метода глубокого прессования с сортировкой отходов:

- эффективность транспортировки – брикеты высокой плотности (до 1000 кг/м^3) могут транспортироваться на обычных грузовиках с платформами в количестве до 50 т за один рейс (опыт 7-летней работы самой большой мусороперегрузочной станции в Европе на Сигнальном проезде в Москве);

- уменьшение объёма ТБО и занимаемых земельных площадей (в 2 – 4 раза);

- продление эксплуатации санитарного полигона как минимум в два раза;

- экономия земли за счёт технологии укладки брикетов;

- дренаж жидкостей – в процессе прессования из отходов выжима-

ется большая часть влаги;

-минимальное выделение биогаза и неприятных запахов за счёт анаэробной ферментации, протекающей в спрессованных брикетах, лишённых влаги и кислорода;

- отсутствие разноса ветром лёгких фракций;

- благоприятный внешний вид санитарных полигонов, где осуществляют захоронение брикетов, и их дальнейшее использование в качестве парков, спортивных площадок и т.п.

Улучшение экологической ситуации в Кузбассе, а вместе с этим снижение общего экологического риска на территориях городов региона возможно осуществить за счёт планомерного и целенаправленного строительства крупных и малых мусоросортировочных комплексов (КМСК и ММСК) с современной технологией. Финансирование такого значимого для региона проекта возможно при поддержке Международных, отечественных экологических Фондов и организаций, бизнесменов-спонсоров (из числа местных энтузиастов-патриотов края). Ориентировочная стоимость такого проекта составляет:

- для крупных городов (от 100 тыс. жителей) – 20 – 30 млн. долл.;

- для средних городов (от 30 тыс. жит.) – 8 – 10 млн. долл.;

- для всех малых городов (до 30 тыс. жит.) – 5 – 8 млн. долл.

При огромном промышленном потенциале и возможностях Кузбасса целесообразно создание специализированной фирмы по производству КМСК и ММСК и их сервису на базе машиностроительного (ых) завода (ов) для удовлетворения как собственных потребностей, так и потребностей соседних краёв и областей.

Библиографический список

1. Страхова Н.А. Концепция экологического риска // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды.: Межвуз. сб.науч.тр. Вып. 7. Междунар. / Ростов н/Д., РГАСХМ, 2003. – С. 29 – 32.
2. Гарин В.М., Медиокритский Е.Л., Двостиков А.Г. Утилизация твёрдых бытовых отходов в крупных городах / /Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды.: Межвуз. сб.науч.тр. Вып. 1/ Ростов н/Д., РГАСХМ, 1997. – С. 14 – 17.
3. Медиокритский Е.Л., Гарин В.М., Бенедыкцински Г., Цесля З., Сычёв В.В. О проблемах утилизации и захоронения твёрдых бытовых отходов в России и Польше // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды.: Межвуз.сб.науч.тр. Вып.4. Междунар./ Ростов н/Д., РГАСХМ, 2000. – С. 47 – 49.
4. Медиокритский Е.Л., Козел Й., Капустинский Е., Колодзейчак А., Колодзейчак П. Современные тенденции в решении проблемы утилиза-

- ции и захоронения твёрдых бытовых отходов в России и Польше // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окр. среды: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 6. Междунар./ Ростов н/Д., РГАСХМ, 2002. – С. 55 – 57.
5. Медиокритский Е.Л., Капустинский Е., Колодзейчак А. Защита окружающей среды многофункциональным мусоросжигающим заводом в Варшаве // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окр. среды.: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 6. Междунар./ Ростов н/Д., РГАСХМ, 2002. – С. 90 – 92.
6. Медиокритский Е.Л., Колодзейчак А., Богурадский К. О концепции решения проблемы утилизации твёрдых бытовых отходов в Польше / /Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окр. среды: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 7. Между нар./ Ростов н/Д., РГАСХМ, 2003. – С. 26 – 29.

УДК 502.53

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ

СЕНКУС В.В., ИГНАТЬЕВ С.М., КОНАКОВА Н.И.

*Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета
г. Новокузнецк*

В настоящее время разработаны различные технологии переработки, утилизации и способов захоронения твердых бытовых отходов. Однако их реализация в России встречает многочисленные преграды, основными из которых являются отсутствие согласования условий между Администрацией населенного пункта, производителями отходов и их переработчиками.

Для производителей отходов критерием является минимум платы (П) за их переработку

$$П \rightarrow \min. \quad (1)$$

Для переработчиков отходов критериями служат минимум затрат на переработку (З), максимальный эффект (Э) от использования отходов во вторичном производстве

$$З \rightarrow \min; \quad (2)$$

$$Э \rightarrow \max.$$

Для администрации населенных пунктов критерием может быть

минимальная площадь (S) размещения отходов потребления и минимальное расстояние (L) от населенного пункта до места размещения отходов

$$S \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$L \rightarrow \min.$$

Согласование критериев для населения, различных организаций и предприятий является сложной задачей, так как их цели противоречивы, а математическое моделирование и оптимизация параметров системы управления отходами потребления требует больших финансовых затрат.

Для решения проблемы управления системой переработки отходов потребления необходимо создание независимой организационной структуры, которая аккумулирует финансовые средства, распределяет их по организациям переработчикам отходов потребления, формирует экологическую политику, организует модернизацию процессов переработки, утилизации и захоронения отходов потребления.

Организационная структура может строиться по типу акционерного общества, в котором производитель, переработчик отходов и администрация имеют равные доли уставного капитала и права при принятии решений.

Доля уставного капитала формируется из платежей предприятий, организаций и населения за размещение отходов.

Доля переработчика – из конкурсного вноса при отборе организаций переработчиков.

Доля администрации вносится из бюджета населенного пункта.

Последующее финансирование организационной структуры производится за счет платежей предприятий, организаций, бюджета и населения.

В задачи организационной структуры должны входить выработка концепции защиты окружающей среды при переработке, утилизации и захоронении отходов потребления, разработка экологической и технической политики, согласование целей участников организационной структуры, выбор научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций, поставщиков оборудования и технологий для модернизации системы переработки, утилизации и захоронения отходов потребления, а также организаций для внедрения новых технических средств и технологий, обеспечивающих эффективную переработку отходов на основе конкурсов.

На первоначальном этапе должны быть сформированы правила, определяющие заинтересованность участников в инвестициях проектов по переработке и утилизации отходов.

Участниками организационной структуры могут быть предпри-

ятия, занимающиеся вывозом, переработкой и размещением отходов, новые организации, имеющие интеллектуальную собственность или оборудования для переработки отходов, вывоза и захоронения отходов, общественные организации, формирующие общественное мнение населения.

Первоначальный капитал для организации структуры управления могут инвестировать предприятия в счет последующего размещения отходов на льготных условиях.

Одним из вариантов организационной структуры может служить управление или отдел (комитет) при Администрации населенного пункта, обеспечивающие согласование сторон при принятии решений технического, технологического и социального характера.

Одной из основных задач организации сообщества будет формирование управленческого аппарата, специалисты которого должны иметь базовую экологическую, экономическую и техническую подготовку в области охраны окружающей среды, а также формирование общественного мнения об использовании тех или иных технологий переработки, утилизации и захоронения отходов потребления.

Особое внимание следует уделить отходам медицинских учреждений и другим опасным для окружающей среды, которые требуют специальных технологий по переработке, утилизации и захоронению, что должно составлять отдельное направление в составе организационной структуры.

Акционерные общества в виде фирм по переработке, утилизации и захоронения отходов потребления нашли широкое применение в зарубежных странах, которые из дотационных предприятий превратились в рентабельные, получают прибыль, позволяющую вести их техническое перевооружение технологических процессов переработки в соответствии с современными требованиями экологических стандартов.

Примером может служить Германия, где законодательно закреплена ликвидация свалок бытовых отходов к 2007 году.

УДК 504.006;331.45

О КОНЦЕПЦИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ В ПОЛЬШЕ

Медиокритский Е. Л., Богурадский К.

*Представительство МАНЭБ в Польше, Варшава
Sp.z o.o «Kanda Polska», Варшава, Польша*

Известно, что в странах, входящих в Европейский Союз, утилизируется 50 % и более всех получаемых твёрдых бытовых отходов (ТБО). Проблема утилизации ТБО весьма актуальна для Польши, так как в ма-

лых городах, поселениях селах и деревнях, объединяемых Гминами и Повятами, эта проблема решается неудовлетворительно. Сегодня в Польше 2489 городских и сельских Гмин, входящих в 430 Повятов. Каждый Повят включает 4 – 8 Гмин с населением 20 – 80 тыс. человек (в крупных городах больше), имеющих более 1000 полигонов и свалок площадью свыше 3 тыс. га для приёма ТБО. Однако только 2 % ТБО утилизируется компостированием (пять мусороперерабатывающих заводов – МПЗ) и сжиганием (совместное компостирование и сортировка на единственном мусоросжигающем заводе в Варшаве). Новые международные директивы, касающиеся утилизации ТБО, требуют, чтобы полезные компоненты вторично использовались и перерабатывались.

Очевидно, что для решения проблемы утилизации ТБО должна быть предложена и выработана единая концепция, направленная на предупреждение и защиту от опасностей. В работе предлагается один из вариантов решения проблемы.

Известно, что проблему утилизации ТБО решали и решают по нескольким направлениям.

Первое направление – сжигание. Один из апробированных и известных методов. Причём считалось, что этот метод является решением проблемы уничтожения ТБО. Однако, при эксплуатации мусоросжигающих заводов (МСЗ) образуются большие количества вредных выбросов и отходов. Сжигание не уничтожает отходы, а перераспределяет их в воздухе, в воде и на земле. Эксплуатационные расходы МСЗ очень высоки. Инвестиции в сооружение МСЗ мощностью 400 тыс.т ТБО/год составляет по данным фирмы «Имабе-Иберика» не менее 200 – 400 млн. евро.

Второе направление – компостирование. Компостирование – получение компоста из коммунальных отходов. Однако мусороперерабатывающие заводы (МПЗ) не получили широкого распространения и не стали экономически оправданными предприятиями в первую очередь из-за большого количества стекла в компосте. Инвестиции в строительство и эксплуатацию МПЗ на порядок меньше чем МСЗ и составляют десятки млн. евро.

Третье направление – традиционные свалки и полигоны, занимающие огромные площади, часто плодородных земель. К этому необходимо добавить неприятные запахи, газы, загрязнение земель, водоносных слоев, присутствие птиц и грызунов – опасных разносчиков заразы и болезней, а в последнее время бомжей и жителей, оказавшихся за чертой бедности.

Четвёртое направление – стремительно развивающаяся технология утилизации ТБО путём глубокого прессования в брикеты после сортировки отходов, которое является выгодной альтернативой всем 3-м предыдущим.

Учитывая прогрессирующее увеличение объёма образуемых ТБО на душу населения (1 кг в день и более) и увеличение расстояния между крупными центрами их образования и предприятиями по их захоронению, факторы транспортировки и экономии земельных площадей становятся решающими. Преимущества метода глубокого прессования с сортировкой отходов:

- реализация требований Евросоюза по охране окружающей среды при управлении отходами;
- продление эксплуатации полигонов; снижение строительства полигонов;
- уменьшение транспортных расходов при управлении отходами;
- повышение уровня контроля при утилизации ТБО;
- упрощение и удешевление работ по рекультивации полигонов и свалок;
- создание новых рабочих мест и т.д.

Таким образом, метод глубокого прессования с сортировкой обладает наилучшими экологическими эффектами при сравнении с известными из рассмотренных выше методами утилизации ТБО. По своей энергоёмкости метод глубокого прессования с сортировкой намного меньше энергоёмкости методов компостирования и сжигания и имеет соотношение приблизительно 1:10:100.

На сегодня метод брикетирования является единственной альтернативой трём вышеописанным методам – сжигания, компостирования, санитарного полигона (свалки) при управлении отходами. Он является эффективной мерой по предупреждению от опасностей и экологической защите населения. Причём, для крупных и средних городов проблема утилизации ТБО решена во многих странах (Испания, Франция, Великобритания, Португалия, Швейцария, Мексика, Аргентина, Россия, Чили, Марокко и т.д.) за счёт широкого применения крупных мусоросортировочных комплексов (КМСК) и мусороперегрузочных станций.

Инвестиции в такой проект значительно уступают в сравнении с постройкой и эксплуатацией МСЗ и МПЗ равной производительности.

В условиях Польши для Гмины или группы Гмин наилучшим вариантом является эксплуатация малых мусоросортировочных комплексов (ММСК), использующих метод глубокого прессования с сортировкой ТБО, производительностью от 5 до 25 тыс. т в год. Инвестиции в такой проект составляют от 100 до 500 тыс. Евро (в зависимости от численности населения Гмины).

Проведённый анализ работы действующих предприятий в Польше, выпускающих мусоросортировочное и сопутствующее ему оборудование, показал, что наилучших результатов достигла фирма «ROCZNIAK RECYKLING SYSTEM» (RRS), которая успешно развивается с 1987 г.,

накопила достаточный опыт и выпускает полную гамму мусоросортировочного и прессового оборудования для управления ТБО, удовлетворяющую потребностям Гмин.

Таким образом, решение рассматриваемой проблемы по управлению отходами в условиях Польши может быть осуществлено ММСК, в первую очередь, системы фирмы «RRS».

УДК 628.54

СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КУЗБАССА

МИХАЙЛОВ В. Г., БАУМГАРТЭН М. И.

*Кузбасский государственный технический университет
г. Кемерово*

Управление отходами в современных условиях – одна из актуальных проблем, решение которой носит многоступенчатый характер и включает комплекс разных аспектов – от технологических, связанных, в частности, с сооружением мусоросжигающих заводов до экономических и социальных (формирование экологического мировоззрения в обществе). Кузбасс по многим параметрам может быть отнесен к «зоне чрезвычайной экологической ситуации с устойчивыми нарушениями качества всех элементов окружающей среды, например, в форме образования отходов (таблица 1) [8].

В целом основные формы состояния отходов производства и потребления представлены на рисунке 1 [8].

Размещение отходов – хранение и захоронение отходов. *Хранение отходов* – содержание отходов в объектах размещения в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования. *Захоронение отходов* – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду. *Использование отходов* – применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии. *Обезвреживание отходов* – обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

Таблица 1 – Образование, использование, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Кузбассе за 2004 год (млн. т)

	Всего	В том числе				
		I класс	II класс	III класс	IV класс	V класс
Наличие отходов на начало года	5335,00	0,01	0,01	0,30	73,70	5261,00
Образование за год	1270,00	0,01	0,05	0,20	9,70	1261,00
Поступление от других предприятий	1497,00	0,00	0,00	0,01	2,40	1494,00
Использование на предприятии	781,10	0,01	0,04	0,10	5,30	775,60
Обезвреживание на предприятии	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Передача другим предприятиям	1494,00	0,00	0,00	0,06	4,60	1489,00
Из них: для использования	123,00	0,00	0,00	0,06	2,80	120,20
обезвреживания	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
хранения	1370,00	0,00	0,00	0,00	1,40	1369,00
захоронения	0,50	0,00	0,00	0,00	0,40	0,10
Размещение на объектах, принадлежащих предприятию	824,30	0,00	0,00	0,01	2,70	821,60
хранения	689,40	0,00	0,00	0,01	1,10	688,30
захоронения	134,90	0,00	0,00	0,00	1,60	133,30
Наличие отходов на конец года	5692,00	0,01	0,01	0,30	73,60	5618,00

В России, как и в Кузбассе, серьезную экологическую опасность представляют отходы производства и потребления. В своих работах академик Н. Н. Моисеев [4] объясняет проблему отходов следующим образом: «... Летучая фраза экологов «ни один живой вид не может существовать в среде, созданной из собственных отходов», приобретает реальное и грозное содержание». Эта опасность в нашей стране почти не оценивается как с экологической, так социальной и экономической точки зрения. Свалки стали символом жизни людей многих населенных пунктов, причем в ряде городов кольцо помоек и свалок катастрофически

сжимается. Природоохранные организации и муниципальные власти оказываются бессильны предотвратить появление новых стихийно возникающих свалок, запретить сжигание свалок, мусора, тары во дворах и зонах проживания населения. В настоящее время в России почти нет организаций, отвечающих за утилизацию и уничтожение отходов в городах и регионах. Как показывает мировая практика, подобными проблемами занимаются муниципальные органы и обычно для инвесторов в эту специфическую отрасль промышленности предусматриваются солидные налоговые льготы [4, 7].



Рисунок 1 – Основные формы состояния отходов производства и потребления

Проблема управления отходами включает экологические, экономические и социальные аспекты и в этом плане очень важен вопрос о приведении в соответствии объектов безопасности жизнедеятельности [1] в виде экологического образования и просвещения с действующими нормативно-законодательными актами.

В самом деле, экологическое образование и просвещение сейчас, на современном этапе развития, носит в основном декларативный характер. Правильно прописанные экологические принципы и законы опровергаются существующей человеческой производственной деятельностью.

Еще раз следует обратить внимание на приоритеты общества – они носят чисто экономический, а не экологический характер. Поэтому, вместо целесообразности на первый план выходит выгода и доход; вместо комплексного подхода – одностороннее решение; вместо реальной помощи природе (очистка, посадки, рекультивация, размножение и т.д.) – мизерные денежные штрафы, которые уходят в общий региональный бюджет.

Создается впечатление, что экологическое просвещение и образование – это два независимых направления: первое говорит, как надо бы взаимодействовать с природой, а второе поступает так, как будто и не знает о первом. В связи с этим представляет особый интерес приведение в соответствие первого со вторым через законодательные акты. При полу-

чении экологического образования на разных уровнях (школа, вуз, повышении квалификации) слушатель должен знать и меры воздействия за несоблюдение тех или иных законов, призванных охранять как природу, так и жизнедеятельность людей. Один из возможных вариантов формирования системы непрерывного экологического образования, воспитания и повышения уровня экологической культуры был предложен при создании проекта Концепции экологической политики Кемеровской области (таблица 2) [6].

Таблица 2 – Приоритеты, принципы и индикаторы формирования системы непрерывного экологического образования

Приоритеты	Принципы	Индикаторы
Создание нормативно-правовой базы по непрерывному экологическому образованию, воспитанию и культуре.	Законность Преемственность Полнота	Отсутствие пробелов в региональном законодательстве по непрерывному экологическому образованию, воспитанию и культуре.
Разработка учебно-методического обеспечения непрерывного экологического образования и воспитания.	Научная обоснованность Достаточность Преемственность	Количество внедренных учебно-методических рекомендаций.
Подготовка специалистов в области непрерывного экологического образования	Достаточность Преемственность	Количество подготовленных специалистов.
Развитие материально-технической базы непрерывного экологического образования, воспитания и культуры.	Полнота Современность	Количество учреждений экологического образования, воспитания и культуры.

При этом были выделены следующие основные проблемы:

- низкий уровень экологической образованности и культуры населения;
- низкая активность населения в решении экологических проблем;
- отсутствие системы непрерывного экологического образования, воспитания и повышения уровня экологической культуры;
- отсутствие нормативно-правовой базы по экологическому образованию и просвещению;
- недостаточное количество специалистов по экологическому образованию и просвещению.

Партнерство вузов, НИИ и общественных организаций является обязательным условием эффективности решения рассмотренных проблем. На современном этапе опыт организации взаимодействия между неправительственными организациями и государственными структурами

при развитии интегрированного экологического образования переносится на международный уровень в практическом плане, включая международные неправительственные организации и научные и педагогические организации разных стран, чему способствуют глобализационные процессы [5].

Решение экологических проблем на микроуровне может быть достигнуто с помощью создания экологических объединений ученых на базе научно-исследовательских и высших учебных заведений, что особенно важно с точки зрения экологического образования и воспитания [2, 3]. В Кузбасском государственном техническом университете в течение десяти лет функционирует региональное отделение Российской Экологической Академии (рисунок 2.).

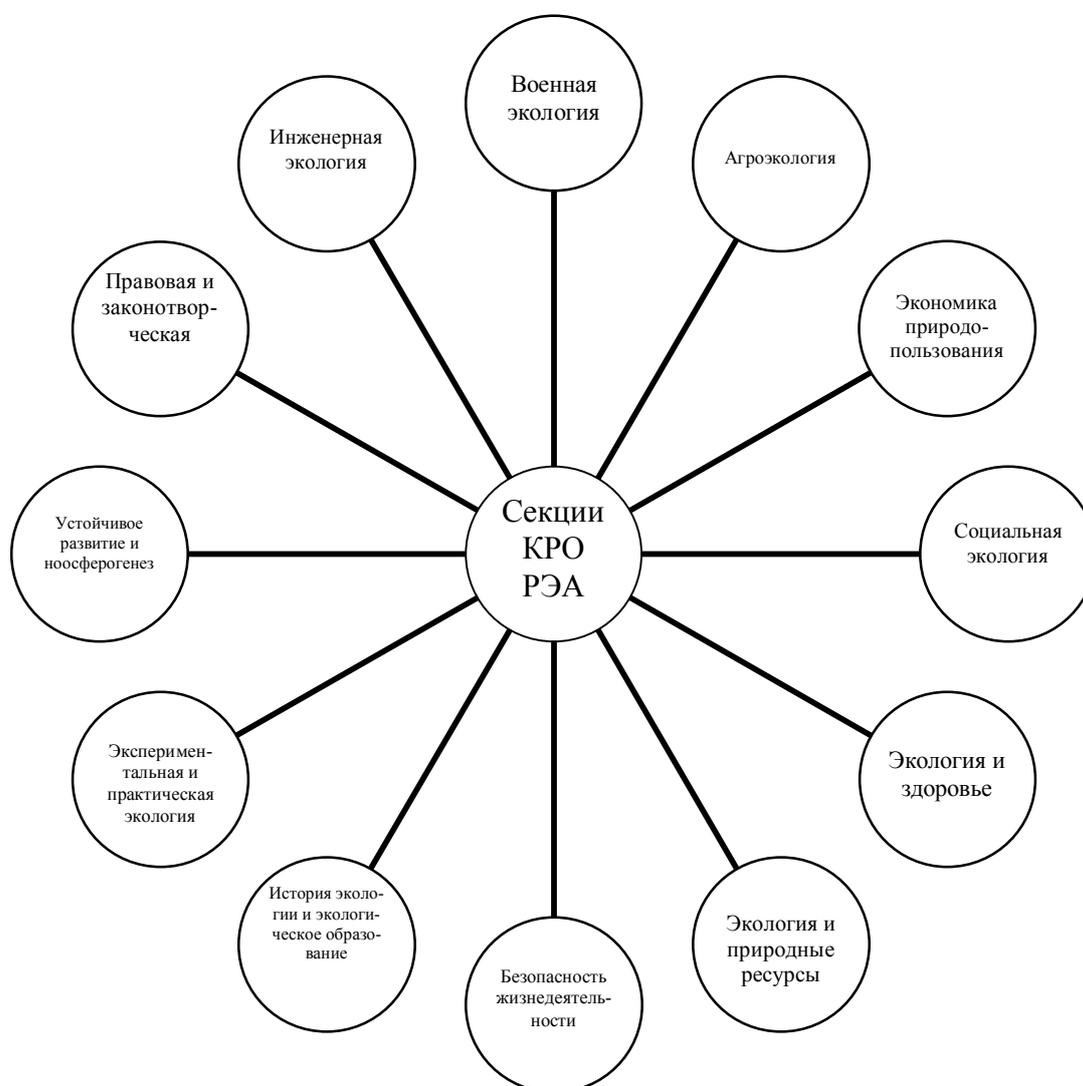


Рисунок 2 – Структура Кемеровского регионального отделения Российской Экологической Академии

Такая интеграция академической науки и молодежи позволяет наиболее эффективно решать вопросы экологического образования и воспитания «без отрыва от производства», формируя у студентов экологическое мировоззрение в отношении проблемы управления загрязнением атмосферного воздуха, водных источников, отходами производства и потребления.

Рассмотренные социо-эколого-экономические аспекты управления отходами производства и потребления применительно к такому техногенно развитому региону как Кузбасс позволяют сформулировать комплекс предложений с целью обеспечения экологической безопасности [1].

1. Широкое внедрение междисциплинарных курсов на стыке экологии и других наук (экологическая культура, экогенетика, экономика природопользования и др.) вместе с общепрофессиональными дисциплинами и предметами специализации в вузовских образовательных программах.

2. Приоритет экологического воспитания и образования как системообразующего и интегрирующего начала всего образовательного процесса в вузе на пути его гуманизации.

3. Углубление системно-целостного подхода к экологическому образованию на основе принципов непрерывности, комплексности, универсальности, междисциплинарных связей и вариативного сочетания теоретической и практической подготовки специалистов-менеджеров, в том числе по управлению отходами производства и потребления.

4. С позиций устойчивого развития экологическое образование в вузах должно не только ограничиваться передачей студентам профессиональных экологических знаний, но развивать системное экологическое мышление и формировать экологическую культуру личности.

5. Экологическое образование требует комплексного подхода, включающего формирование научной системы знаний в области взаимодействия общества и природы, воспитание гуманистического мировоззрения личности, реализацию знаний для практической деятельности, в том числе в области управления отходами производства и потребления.

6. Использование современных информационных технологий в процессе обучения, применение интеллектуальных обучающих систем для выявления различного рода закономерностей, принятия решений диагностического, организационно-управленческого, классификационного характера.

7. Обращение в Федеральное агентство по образованию с ходатайством об обязательном введении предмета «Экология» в федеральные стандарты школьного и вузовского образования.

Библиографический список

1. Бурков В.Н., Щепкин А.В. Экологическая безопасность. М.: ИПУ РАН, 2003. – 92 с.
2. Михайлов В. Г. О необходимости эколого-экономического образования / В. Г. Михайлов, М. И. Баумгартэн // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Практика подготовки менеджеров: опыт, проблемы, перспективы», Кемерово, 2005. – С. 150 – 158.
3. Михайлов В. Г. Экологическое образование как одно из перспективных направлений подготовки высококвалифицированных специалистов В. Г. Михайлов, Н. Е. Гегальчий, А. И. Хохлова // Сборник научных трудов «Социально-экономические проблемы региона». Кемерово: ГУ «КузГТУ», 2005. С. 326 – 330.
4. Моисеев Н. Н. Историческое развитие и экологическое образование / Н. Н. Моисеев. – М.: МНЭПУ, 1995. – 56 с.
5. Партнерство экологических организаций и вузов: докл. науч.-практ. конф. – СПб.: Борей-Арт, 2002. – 104 с.
6. Проект Концепции экологической политики Кемеровской области. – Кемерово: Информационное экологическое агентство, 2002. – 134 с.
7. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России / В.Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
8. Экология Кемеровской области / Государственный доклад территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. – Кемерово: 2005. – 159 с.

УДК 669.15-198.004.3

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ НА ОАО «КУЗНЕЦКИЕ ФЕРРОСПЛАВЫ»

ГОРДЕЕВА А.Д., БОНДАРЕВ А.А., УЙДАНОВ В.С.

*ОАО «Кузнецкие ферросплавы»
г. Новокузнецк*

На ОАО «Кузнецкие ферросплавы» уделяется большое внимание вопросам обезвреживания и переработки отходов. На сегодняшний день на предприятии разработана и действует природоохранная программа «Производство и экология», рассчитанная на 2004 – 2010 годы.

Процесс управления отходами на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» можно представить в виде блок-схемы (см. рисунок 1).

Вид основной деятельности ОАО «Кузнецкие ферросплавы» – производство кремнистых ферросплавов (ферросилиция). Ферросилиций – это бинарный сплав кремния и железа, используемый в черной метал-

лургии для раскисления и легирования стали, в машиностроении – для модификации чугуна и в химической промышленности для получения водорода.



Рисунок 1 – Схема управления отходами на ОАО «КФ»

Кроме ферросилиция на предприятии производится уплотненный микрокремнезем, который также пользуется большим спросом в строительной промышленности для производства строительных материалов.

На предприятии ОАО «Кузнецкие ферросплавы» в 2004 году в процессе производственной деятельности образовалось 27 вид отходов, класс опасности которых с 1 по 5.

Производство ферросилиция сопровождается образованием большого количества твердых отходов. Твердые отходы образуются в процессе подготовки сырья, выплавки ферросилиция и других технологических процессов. Наибольшая часть из них такие как, отсеvy кварцита, мелочь коксовая, бой шамотного кирпича, шлак ферросплавного производства, пыль коксовая, отработанные резинотехнические изделия, обрезки и обрывки ткани из полиэфирного волокна, опилки, древесные отходы, продукт улавливания от дробления и фракционирования, шлак от производства электропечного ферросилиция, лом цветных металлов и многие другие нашли своих потребителей. Невостребованные отходы размещаются и хранятся на специально отведенных площадках или сооружениях.

В настоящее время для складирования отходов используются:

Шламонакопитель для складирования уловленной пыли от газоочисток закрытых печей. Шламонакопитель – гидротехническое сооружение, расположенный в 2 км от площадки предприятия. Эксплуатируется и соответствует всем экологическим требованиям.

Шлаковый отвал для временного размещения отходов от ремонтов ковшей и отходов шихтоподготовки, расположен на промплощадке завода. Согласно заключению экспертной комиссии № 13/470 от 24.11.99 г. по проекту «Мониторинг окружающей среды на территории шлакового отвала» влияние отвала на состояние природной среды ничтожно.

Вышеперечисленные твердые отходы являются основными загрязнителями окружающей среды.

Так же на территории предприятия имеются специально обустроенные площадки (открытые) для временного складирования отходов:

- древесины;
- отработанных шпал;
- шамотного боя;
- лома цветного металла;
- лома черного металла;
- отработанных шин.

Временное складирование отработанных аккумуляторов, отработанных масел, отработанных ртутных ламп, обрезков и обрывков тканей из полиэфирного волокна (рукавных фильтров) производится в специально отведенных местах в помещении цехов и склада цеха обеспечения производства.

На территории предприятия установлены контейнеры для отдельного сбора и хранения обтирочного материала (промасленной ветоши), мусора от бытовых помещений, стеклянного боя.

Золошлаки от сжигания угля собираются в контейнере, временно хранятся в ремонтно-механическом цехе, затем вывозятся на шлаковый отвал для захоронения.

Предприятие имеет два объекта для размещения отходов: шламонакопитель (для хранения шлама) и шлаковый отвал (для хранения отходов шихтоподготовки, отходов от ремонта ковшей, каменноугольного шлака от кузницы).

Карьер глины, расположенный в районе пос. Верхняя Колония, рекультивируется отходами микрокремнезема, уловленными на газоочистках ферросплавных печей.

Природоохранная программа – путь к безотходным технологиям.

В сентябре 2004 г. пущена в эксплуатацию газоочистная установка за печью № 4, а в июле этого года газоочистка за печью № 9. Вводимые газоочистки сухого типа. Пыль улавливается мощными рукавными

фильтрами, что позволяет забирать все дымовые и пылевые отходы, образующиеся в производственном процессе. Степень очистки очень высока – до 99,9 %, в то время как при существовавшей ранее мокрой газоочистке до 30 % выбросов все же выбрасывалось в атмосферу через зонты закрытых печей. Производственная программа предприятия строится на том, что постепенно производится реконструкция закрытых ферросплавных печей и перевод их в открытые печи, что позволит решить проблему образования и размещения микрокремнезема.

Получаемые в процессе сухой газоочистки отходы в свою очередь являются еще одним из видов выпускаемой заводом продукции, называемой микрокремнеземом. Для получения микрокремнезема на заводской площадке построена установка уплотнения пыли.

Микрокремнезем полностью перерабатывается на установке уплотнения пыли и является прекрасным сырьем для строительной индустрии.

Сведения об уловленной на газоочистках пыли (микрокремнеземе).

На газоочистных сооружениях открытых печей улавливается мелкодисперсная пыль, состоящая в основном из диоксида кремния аморфной модификации (85 – 90 % SiO_2). Пыль имеет другое название – микрокремнезем.

Микрокремнезем представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый на газоочистных установках в производстве кремнесодержащих сплавов (в частности ферросилиция). Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации.

Достаточно отметить такие объекты строительства, как комплекс высотных зданий в Чикаго, тоннель под Ла-Маншем, ряд мостов в Японии и Норвегии, мост через пролив Нортумберленд в Канаде, морские буровые платформы, автомобильные дороги высокого класса, конструкции торгового комплекса на Манежной площади в Москве и др.

Однако география строительства из таких бетонов оказалась недостаточно широкой. Главная причина – нетехнологичность важнейшего компонента бетонов нового поколения – микрокремнезема, который, представляя собой пылевидный материал, крайне не удобен для транспортирования. Уловленный на газоочистных установках пылевидный микрокремнезем обладает низким насыпным весом – $0,2 \text{ т/м}^3$ и плохой сыпучестью, что и являлось главным препятствием для его широкого применения в строительной индустрии.

Для придания свойств технологичности микрокремнезем должен быть переработан, в частности, уплотнен до насыпного веса $0,6 \text{ т/м}^3$ и превращен в сыпучий материал. Переработанный на установке уплотнения пыли микрокремнезем получает именно такие свойства.

Переработка уловленной пыли на строящихся газоочистках.

Вся уловленная пыль на вновь строящихся и существующих газоочистках открытых печей поступает по пневмопроводу на существующую установку уплотнения пыли. Мощности построенной установки уплотнения пыли достаточно, т.к. при ее проектировании был заложен резерв для развития предприятия. Дополнительно на переработку поступит 12740 т/год микрокремнезема (в результате реализации природоохранной программы). В настоящее время на установке уплотнения пыли перерабатывается и отправляется потребителю до 20000 т/год микрокремнезема. Строительство установки уплотнения пыли, которое завершено на предприятии в 2002 году, позволило полностью утилизировать пыль, улавливаемую только на газоочистках открытых печей. Так в 2004 году было реализовано потребителям более 15 тыс. тонн микрокремнезема. От газоочисток мокрого типа закрытых печей пыль не пригодна для полезного использования, т.к. она сразу смачивается с водой, превращаясь в шлам. Этот шлам отправляется в шламонакопитель.

Шламонакопитель.

После завершения программы реконструкции закрытых печей и перевода их работы в открытый режим надобность в шламонакопителе отпадет. Он будет выведен из эксплуатации и рекультивирован. Таким образом, складирование в шламонакопителе отходов производства (шлама от газоочисток мокрого типа) прекратится.

Выводы.

1. В настоящее время в результате реализации природоохранной программы (строительство газоочистки за печью № 4 и печью № 9) значительно снизился суммарный валовый выброс, выброс твердых и газообразных веществ. Существенно снизился выброс оксида углерода и диоксида азота, пыли с содержанием SiO_2 20 – 70 %.

2. Вся уловленная на газоочистках пыль (микрокремнезем) поступает на уплотнитель и утилизируется.

3. К 2010 году шламонакопитель будет выведен из эксплуатации и рекультивирован.

Библиографический список

1. Производство ферросилиция. Справочник / Под ред. д. т. н. Ю.П. Снитко. – Новокузнецк, 2000. – 380 с.
2. Бондарев А.А., Павлов С.Ф., Долин М.М., Уйданов В.С. / Сб. научн. тр. / Опыт улучшения качества товарного микрокремнезема на ОАО «Кузнецкие ферросплавы»; под. ред. Е.В. Протопопова – Новокузнецк; СибГИУ, 2005.- С. 314 – 317.
3. Природоохранная программа ОАО «Кузнецкие ферросплавы» на период 2004 по 2010 годы. («Производство и экология»).

ОБ ОЦЕНИВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ Г. КЕМЕРОВО

Киселева Т. В., Михайлов В. Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк,
Кузбасский государственный технический университет,
г. Кемерово*

Современное понимание проблемы охраны окружающей среды во многом связано с правильным выбором объекта исследования, наиболее адекватно отражающим сложности обеспечения экологической безопасности [2]. В данном случае целесообразно рассматривать эколого-экономическую систему, имеющую по сравнению с экологической системой, более сложную структуру и включающую организационное сочетание устойчивых технических, экономических, биологических и других типов связей [9]. Основные свойства систем представлены на рисунке 1 [4].



Рисунок 1 – Основные свойства систем

Одним из определяющих свойств является устойчивость. Устойчивость всего региона как целостной эколого-экономической системы понимается как устойчивость ее элементов, когда начальное состояние системы (ее элементов и связей между ними) с высокой степенью надежности определяет ряд ее будущих состояний. В данном случае – это устойчивость экономических, технологических, демографических, социальных, национальных и политических параметров состояния региональной системы, которые должны снижать или ликвидировать все виды негативных воздействий на элементы экосистем региона и России.

В общетехническом понимании движение или, в частном случае, положение равновесия называют устойчивым, если оно само восстанавливается после его возмущения, т. е. после окончания действия некоторых возмущающих сил [7]. Устойчивая система после снятия возмуще-

ний возвращается в исходное или близкое к нему положение, а неустойчивая таким свойством не обладает. Если возмущение не снято и оно мало, то движение устойчивой системы изменяется мало, а неустойчивой – очень сильно даже под воздействием сколь угодно малого возмущения.

В общем случае за устойчивость системы ответственны ее статические и динамические характеристики, определяемые структурой системы, ее статическими и динамическим параметрами. Однако иногда при решении прикладных задач достаточно ограничиться рассмотрением только статических характеристик объекта и, следовательно, уравнений статистики. С технической точки зрения очень важно выбрать такие математические модели, которые в определенной мере отвечали бы условиям физической реализуемости и не противоречили физическим законам, обеспечивающим действие системы. В другом случае рассчитывать на достоверность получаемых результатов не эффективно, а требование адекватности математического описания (математической модели) изучаемому реальному объекту является одним из важнейших. Невыполнение этого требования может привести к ошибочным результатам, но при этом увеличение адекватности усложняет модель. Рациональное стремление к простоте заставляет в разумных пределах точности сохранять адекватность по отношению только к изучаемым характеристикам объекта. При этом она не обязательно должна быть одинаковой по отношению ко всем сторонам описываемых явлений или ко всем составляющим исследуемого движения [7].

Математическая содержательность и тесная связь постановки задач частичной устойчивости с практическими приложениями привели к тому, что возникли связанные с ней общие концепции устойчивости [3], такие как:

- устойчивость по отношению к двум мерам, когда приближение невозмущенного и возмущенного движений в начальный и последующие моменты времени, как и в задаче устойчивости по части переменных, оценивается по разным мерам;

- полиустойчивость, когда различные группы переменных системы возмущенного движения обладают различными видами устойчивости;

- устойчивость «от входа к выходу» (input to output stability), означающая, что при любых начальных возмущениях «выходные» переменные системы остаются ограниченными, если внешние «входные» воздействия на систему также ограничены;

- частичная устойчивость движений общих динамических систем на метрическом пространстве, включая динамические системы, которые не могут быть определены обычными классическими (дифференциальными) уравнениями.

Для некоторых прикладных задач, в частности, оценки динамики

биоценозов, целесообразно использовать понятие устойчивости по заданному числу переменных, без фиксации их состава [3].

Для эколого-экономических систем определяют функциональную устойчивость, т.е. способность противостоять воздействиям социально-политического, экономического характера и другим нетехническим воздействиям с помощью средств интеллектуального характера: организации труда, методов создания и введения информации, решения интеллектуальных задач и т.д. При оценке устойчивости необходимо выявление показателей, значения которых необходимо сохранить и определить степени влияния на эти показатели различных возмущений (воздействия окружающей среды, ошибки управленческого персонала и т.д.) [8].

В большинстве случаев степень устойчивости экосистем связывается с величиной ее экологического резерва, оцениваемого по разнице между характеристиками, выражающими качество ее текущего и «предельно допустимого» состояния, соответственно. Оценка качества текущего состояния экосистемы осуществляется с использованием гигиенических, экосистемных показателей, а также теории риска [10].

Проведенные системно-статистические анализы четко показывают наличие взаимосвязей между состоянием экологической системы и уровнем экономики в настоящем и будущем. Устойчивость этих взаимосвязей во многом зависит от состояния окружающей среды, которая в большинстве районов существенно ухудшается в результате отрицательного антропогенного воздействия.

При рассмотрении эколого-экономических систем со сложными обратными связями вскрываются области устойчивости параметров и состояния системы. Сложность расчета величины таких взаимосвязей сопряжена в основном с изменением и определением времени протекания процессов на всех этапах обратных связей системы [11].

Современная экологическая ситуация в регионах России определяется тем, что неустойчивость (нулевая устойчивость – невозможность определить будущие состояния элементов или всей системы) более типична, чем стабильность выведенного определения устойчивости, уровень устойчивости элементов всех групп и региона предлагается оценивать следующей пятиуровневой шкалой [1]:

- нулевой уровень – *неустойчивость*, когда практически невозможно предсказать динамику и направленность изменений элемента и системы (вероятность прогноза состояния близка к нулю);

- первый уровень – *слабая устойчивость*; одинаковая вероятность нескольких альтернативных состояний элемента и системы (вероятность прогноза состояния близка к 25 %);

- второй уровень – *средняя устойчивость*; желаемые состояния элемента и системы достигаются с вероятностью, близкой к 50 %;

- третий уровень – *устойчивость*; генезис элемента и системы может быть предсказуем достаточно надежно (вероятность прогноза состояния близка к 75 %);

- четвертый уровень – *абсолютная устойчивость* (стабильность); генезис элемента региональной системы (параметра состояния, фактора техногенного воздействия, элемента экосистем) и всей системы не зависит от изменения внешних условий и однозначно прогнозируем (вероятность прогноза состояния не менее 95 %) [1].

Другая методика предполагает дифференциацию возможных состояний экосистемы на 4 группы: норма, риск, кризис, бедствие [10].

Рассмотренные подходы показали свою эффективность при оценке устойчивости эколого-экономической системы на примере водных ресурсов [6].

Другой важный аспект проблемы – образование отходов производства и потребления. За 2003 год на предприятиях теплоэнергетики, КОО «Азот», ОАО «Спектр», АФ «Токем», ОАО «Кокс», АК «Химволокно» и др. образовалось более 986817 тонн, из них около 482513 тонн не утилизируемых твердых производственных отходов, что на 23,2 % больше, чем в 2002 году и на 15,56 % больше, чем в 2001 году. Причем, около 96 % всех не утилизируемых производственных отходов составляют нетоксичные золошлаковые отходы, образовавшиеся в 2003 году на предприятиях: Кемеровская ГРЭС, Новокемеровская ТЭЦ, Кемеровская ТЭЦ. При этом уменьшилось количество отходов смолистых веществ с 887 тонн в 2002 году до 190,65 тонн в 2003 году, и шлама с 8639 тонн в 2002 году до 3558,1 тонн в 2003 году.

В городе не решена проблема по утилизации отработанных автомобильных шин. Только в 2003 году на предприятиях города образовалось около 115 тонн данного вида отходов, а за период 2002 – 2003 гг. отработанных шин в городе накопилось более 800 тонн. Из общего количества твердых отходов образовалось: нетоксичных отходов 675649,3 тонн (68,38 %) – золошлаковые отходы; 4-го класса опасности – 43293,08 тонны (4,38 %); 3-го класса опасности – 3877,365 тонн (0,39 %); 2-го класса опасности – 1317,035 тонн (0,13 %); 1-го класса опасности – 16,2 тонны (0,002 %). К первому классу опасности в г. Кемерово относятся ртутьсодержащие приборы.

Твердые бытовые отходы являются основным источником загрязнения селитебной зоны города, а также территории санитарно-защитной зоны полигонов ТБО МП «Спецавтохозяйства» и МУП КПЭУ пос. Кедровский. В 2003 году было передано на утилизацию в специализированные организации более 262664 тонн твердых бытовых отходов, что составило 26,72 % от общего количества образовавшихся отходов в городе. Сегодня остро стоят проблемы по сбору, временному хранению, вывозу

и эффективной утилизации ТБО. Несмотря на стабильность ТБО по массе за 2002-2003 гг., их объемы увеличиваются, в частности, только по данным МП «Спецавтохозяйство» в 2003 году было вывезено более 980 тыс. м³ [5].

График динамики образования отходов, построенный в полулогарифмической системе координат, где по оси ординат значение $y = \lg M$ (M – масса отходов), представлен на рисунке 2 (в соответствии с приложением к приказу МПР России от 30.07.2003 № 663 сформировано дополнение к федеральному классификационному каталогу отходов, в соответствии с которым, нетоксичные и твердые бытовые отходы отнесены к 5 классу опасности).

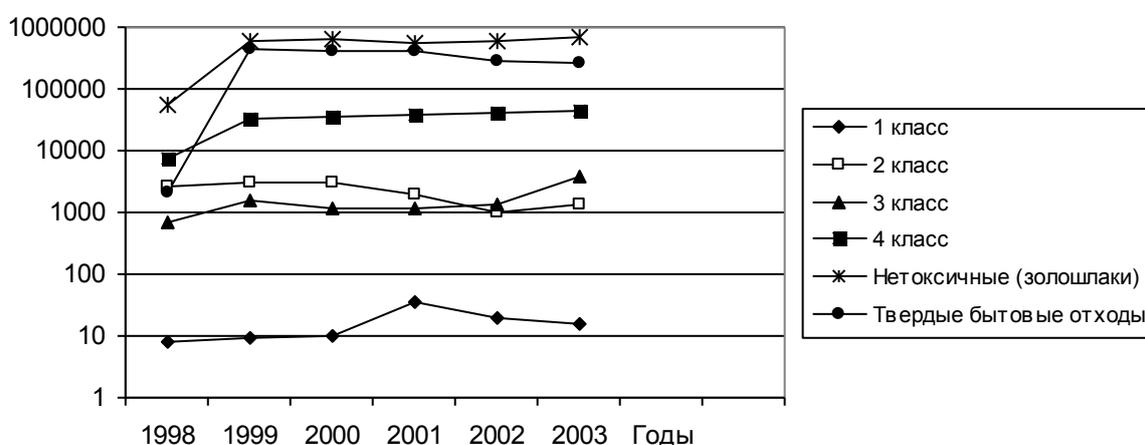


Рисунок 2 – Количество производственных отходов по классам опасности, количество бытовых отходов в г. Кемерово за 1998 – 2003 гг. (тонн/год)

На основе приведенных результатов можно сделать вывод о неполной устойчивости эколого-экономической системы г. Кемерово с точки зрения динамики образования отходов.

В целом, предложенные подходы к оценке устойчивости показали свою жизнеспособность и могут быть использованы наиболее эффективно для территорий, имеющих статус «зона чрезвычайной экологической ситуации» или «зона экологического бедствия».

Библиографический список

1. Бобров А. Л. Эколого-экономическая устойчивость регионов России / А. Л. Бобров. – М: Наука, 1999. – 93 с.
2. Бурков В.Н., Щепкин А.В. Экологическая безопасность. М.: ИПУ РАН, 2003. – 92 с.

3. Воротников В. И. Частичная устойчивость и управление: состояние проблемы и перспективы развития / В. И. Воротников // Автоматизированные системы управления. – 2005. - № 4. – С. 3 – 59.
4. Гусейханов М. К. Концепция современного естествознания: Учебник / М. К. Гусейханов, О. Р. Каджатов. – М: Дашков и К, 2004. – 692 с.
5. Здоровье населения и окружающая среда г. Кемерово: Информационный сборник / Под ред. В.И. Зайцева. – Кемерово: ЦГСЭН, 2004. – 370 с.
6. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. О необходимости комплексной оценки устойчивости эколого-экономических систем / Труды 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве». Новокузнецк: ГОУ ВПО «СибГИУ», 2005. С. 190 – 194.
7. Костюк О. М. Элементы теории устойчивости энергосистем / О. М. Костюк. – Киев: Наукова Думка, 1983. – 296 с.
8. Мухин В.И. Основы теории управления / В.И. Мухин. – М.: Экзамен, 2002. – 256 с.
9. Нестеров П.М. Менеджмент региональной системы / П.М. Нестеров, А.П. Нестеров. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 365 с.
10. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.
11. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М. Совершенствование управления природоохранной деятельностью на территориях экологически опасных / Н.П. Тихомиров, Т.М. Тихомирова // ВИНТИ. Экономика природопользования. – 2001. - № 1. – С. 33 – 44.

УДК 504

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Волынкина Е.П., Протопопов Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Снижение удельных расходов сырьевых материалов и энергии на единицу произведенной продукции является одной из важнейших проблем, стоящих в настоящее время перед металлургической отраслью. Известно, что ресурсо- и энергоемкость единицы ВВП в России в 2 раза выше, чем в США, и в 3 – 4 раза выше, чем в Западной Европе и Японии. Это означает, что для производства 1 т продукции в России вовлекается в 2 – 4 раза больше природных ресурсов, а неиспользуемая их часть вы-

брасывается в окружающую среду в виде твердых, жидких и газообразных отходов. Выбросы вредных веществ в пересчете на единицу выпускаемой продукции в России в 4,5 раза выше, чем в США, и в 9,5 раз выше, чем в Японии. Российские металлургические предприятия выбрасывают в атмосферу в 8 раз больше пыли, чем аналогичные предприятия в Европе и Северной Америке, а образование твердых отходов на единицу производимой продукции в 2 – 2,5 раза выше, чем на европейских металлургических предприятиях.

В то же время необходимо отметить, что предприятия черной металлургии имеют возможность перерабатывать в собственном производстве значительную часть своих отходов. Как известно, специфические особенности технологических процессов (высокий уровень температур и эффективность тепломассообмена, слоевое размещение, окислительно-восстановительный потенциал и т.д.) обеспечивают новые возможности ресурсосбережения. В наибольшей степени образующиеся отходы возвращаются в технологический процесс через агломерационное производство, некоторое количество отходов вводится в состав шихты в доменном и сталеплавильном процессах. Доля утилизируемых отходов на металлургических комбинатах в настоящее время превышает 90 %. Однако, как представляется авторам, основной проблемой отечественных металлургических предприятий является не утилизация отходов, а снижение их образования. Например, известно, что на отечественных металлургических предприятиях для производства 1 т стали в технологический процесс вовлекается примерно 10 т природных ресурсов, включая воду и воздух. При этом остающиеся 9 т превращаются в загрязнения, в том числе в форме газов, воды и твердых отходов. Поэтому внедрение в производственных процессах технологических мероприятий, обеспечивающих сокращение образования отходов, неизбежно приведет к снижению образования выбросов в атмосферу и сбросов в воду.

Прогрессивный зарубежный опыт показывает, что стратегия сокращения отходов должна выделяться среди других направлений как приоритетная, поскольку значительно дешевле исключить или сократить количество образующихся в процессе производства отходов, чем затем вкладывать средства в их утилизацию или обезвреживание. Снижение образования отходов обеспечивает экономию сырья, топлива и других внутренних резервов предприятия. В современных российских условиях, когда плата за загрязнение окружающей среды чрезвычайно низка и практически не стимулирует промышленные предприятия искать пути ее снижения, только уменьшение себестоимости продукции может заставить промышленные предприятия снизить негативное влияние процессов на окружающую среду. Задача предотвращения образования отходов стимулирует непрерывное совершенствование производственных опера-

ций, повышает технологическую дисциплину, а также побуждает промышленные предприятия действовать в общественных интересах.

Для начала процесса организованного управления отходами металлургическое предприятие должно решить две задачи:

- получить точную информацию о количестве всех видов отходов, образующихся на каждой технологической операции;
- оценить затраты, связанные с образованием отходов.

На большинстве российских металлургических предприятий процессы образования отходов и обращения с ними не подлежат должной оценке и регулированию. Как правило, существующая система учета отходов включает производственный учет в технических отчетах и экологический учет в отчетах управлений или отделов по охране окружающей среды. В технических отчетах цехов, схемы которых были разработаны и рекомендованы МЧМ СССР более 20 – 30 лет назад, учитываются лишь основные виды отходов, например, в доменных цехах – это доменный шлак, чугунный скрап, колошниковая пыль и шлам газоочистки. В природоохранных подразделениях предприятий дополнительно учитываются некоторые виды организованных и неорганизованных выбросов пыли. Природоохранные отчеты являются основой для начисления платы за загрязнение окружающей среды, в связи с чем зачастую отражают не реальное положение, а желаемое или практически достижимое. При этом в связи с отсутствием должного приборного или весового контроля количество большинства образующихся отходов определяется расчетным путем. Таким образом, технические руководители производства, как правило, не имеют точной информации о количестве образующихся в производственном процессе отходов.

Производственные затраты, связанные с образованием и обращением с отходами, вообще не оцениваются и отдельно в калькуляции себестоимости продукции не учитываются. При передаче отходов другим производствам внутри предприятия их стоимость в лучшем случае рассчитывается в соответствии с затратами на сбор, транспортировку и подготовку их к дальнейшему технологическому потреблению. При этом не учитываются затраты, аккумулированные в отходах к моменту их образования, которые в конечном счете перекладываются на себестоимость производимой продукции. Процесс получения основной продукции является одновременно и процессом образования отходов, поэтому затраты на производство основной продукции являются в то же время затратами на образование отходов. В данном случае металлургическое предприятие не несет потерь, так как реальные затраты, овеществленные в отходах и не учтенные в ценах на них, реализуются в ценах на готовую продукцию. Однако при этом искажаются экономические отношения между цехами, нарушаются принципы ценообразования, а цена отходов лишается функ-

ции экономического рычага, стимулирующего экономию сырьевых ресурсов.

В качестве примера можно привести утилизацию в агломерационном производстве колошниковой пыли доменных цехов. Цена на нее была установлена более 30 лет назад МЧМ СССР и корректировалась в соответствии с инфляционными коэффициентами, не отражая реальных затрат, связанных с ее сбором и транспортировкой. Колошниковая пыль улавливается в пылеуловителях и является частью пыли, выносимой из доменной печи. Остальная ее часть улавливается на второй стадии газоочистки – мокрой и удаляется в виде шлама. Таким образом, колошниковая пыль и доменный шлак являются взаимозависимыми видами отходов, так как при повышении эффективности работы пылеуловителей количество колошниковой пыли возрастает, а шлама, в большинстве случаев сбрасываемого в отвал, наоборот снижается. При этом колошниковая пыль легко утилизируется, в то время как утилизация шламов требует значительных затрат на их обезвоживание, а в ряде случаев еще и очистку от нежелательных для технологического процесса соединений, например цинка. Однако низкая стоимость пыли не стимулирует технический персонал доменного цеха повышать эффективность работы пылеуловителей и снижать количество направляемых в отвал шламов или внедрять мероприятия, направленные на сокращение выноса пыли из доменных печей. Аналогичное положение наблюдается и в других производствах металлургических предприятий. При этом отходы, как правило, утилизируются через агломерационное производство, где и достигается экономия. Вследствие этих причин цехи-производители отходов экономически мало заинтересованы в снижении их образования или увеличении степени их утилизации.

С целью выявления резервов снижения расхода материальных и энергетических ресурсов и себестоимости продукции за счет управления образованием и обращением с отходами проведены исследования по организации полного производственного учета всех видов отходов в основных производственных цехах и оценке затрат, связанных с их образованием, на примере крупного металлургического комбината. Для этого использован метод материально-сырьевых балансов технологических процессов с количественной оценкой всех входящих и выходящих материалов. При этом на входе учитывались только те материалы, которые попадают непосредственно в металлургический агрегат и участвуют в технологическом процессе. На выходе учитывались основная произведенная продукция, а также образующиеся побочные продукты и все виды потерь, образующихся непосредственно в технологическом процессе, при очистке отходящих газов, выгрузке и обработке продукции, которые были отнесены к категории «отходы».

Согласно Закона РФ «Об отходах производства и потребления» № 89-ФЗ понятие «отходы» трактуется как «остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления». В межгосударственном стандарте ГОСТ 30775-2001 «Классификация, идентификация и кодирование отходов» в категорию «отходы» следует в частности относить:

- остатки от технологических процессов;
- остатки от процессов снижения загрязнения;
- продукты, не соответствующие техническим условиям (ТУ).

Таким образом, к категории «отходы» могут быть отнесены сырьевые материалы, теряемые для технологического процесса в результате их подготовки (например, дробления или отсева мелкой фракции), транспортировки или загрузки в технологический агрегат, как остатки или продукты, не соответствующие ТУ. На основании детального анализа каждой технологической операции, с точки зрения выявления источников образования отходов, сформирована база данных для организации их полного производственного учета. В материально-сырьевых балансах объединены данные, учитываемые в технических отчетах цехов и в статистических экологических отчетах. Для уточнения количества некоторых видов отходов произведены дополнительные расчеты, замеры, использованы рекомендации ведущих отечественных и зарубежных научно-исследовательских металлургических институтов. На основании полученных данных выполнена суммарная оценка потерь твердых материально-сырьевых ресурсов с отходами, а также количественно оценены потери наиболее ценного технологического компонента – железа.

На рисунках 1 и 2 представлены в графическом виде схемы материально-сырьевых балансов доменного и сталеплавильного производств (пунктиром представлены данные о потерях материально-сырьевых ресурсов в виде отходов). Учет отходов выполнялся по каждой технологической операции.

В результате проведенных исследований установлено, что традиционные схемы технических отчетов цехов позволяли учитывать только 8 основных из 22 видов отходов в доменном производстве и 6 из 34 в сталеплавильном. Общая величина потерь твердых материальных ресурсов с отходами составила в доменном производстве – 23,4 % от поступившего сырья, или 545 кг/т чугуна. Потери поступивших в цех твердых сырьевых материалов имели следующую структуру: 25 % – в виде отсевов агломерата и кокса перед подачей в скип, 70 % – в виде шлака, 3 % – в виде различных пылевидных отходов и 2 % – в виде чугунного скрапа.

-

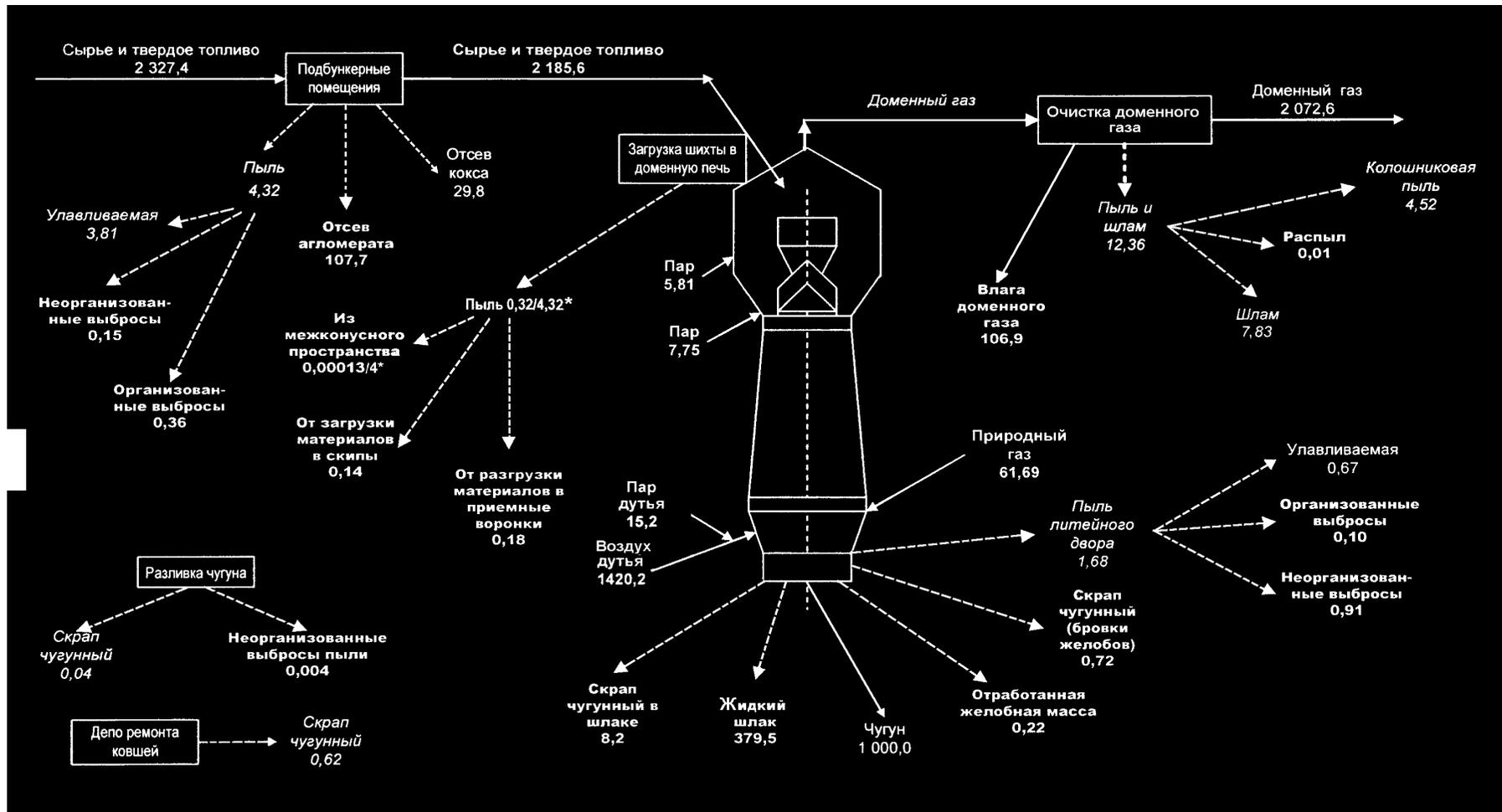


Рисунок 1 – Схема материально-сырьевого баланса доменного процесса, кг/т чугуна

* - данные при отсутствии пылеподавления

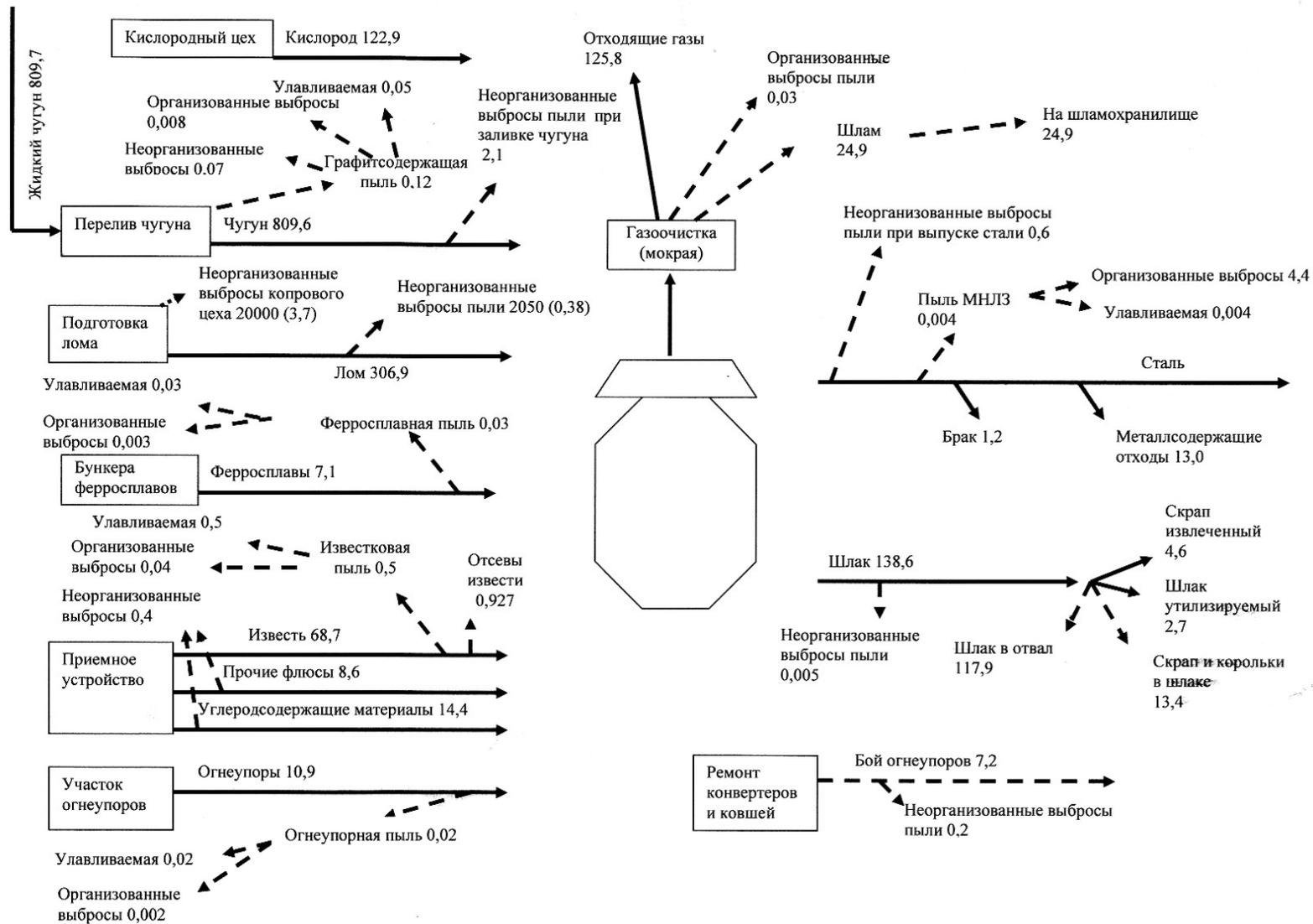


Рисунок 2 – Схема материально-сырьевого баланса сталеплавильного процесса, кг/т стали

Общие потери железа составили 78,73 кг/т чугуна, при этом традиционному производственному учету подлежало всего лишь 6,2 % от общих потерь приходящего в доменный цех железа. Потери агломерата для технологического процесса составили 21,67 % от скипового агломерата, в том числе 20,7 % со шлаком и 0,97 % с пылевидными отходами. Потери кокса составили 9,2 % от скипового кокса, в том числе 8,7 % со шлаком и 0,5 % с пылевидными отходами.

В сталеплавильном производстве согласно материального баланса общие потери сырьевых материалов в составе твердых отходов составили 15,3 % от поступившего сырья, или 160,0 кг/т стали. Потерянные ресурсы были выведены из конвертерного процесса со шлаком – 71 %, с пылевидными отходами – 13 %, с металлосодержащими отходами – 7 %, с отработанными огнеупорами – 4 %. Общие потери железа с отходами составили 73,1 кг/т стали, в том числе 42,6 кг/т – в составе шлака, 14,1 кг/т – в составе металлосодержащих отходов, 16,2 кг/т – с пылевидными отходами, 0,2 кг/т – с огнеупорами.

В дальнейшем был выполнен анализ и стоимостная оценка образующихся отходов. При этом особенности методики оценки заключались в расчете общей суммы затрат, связанных с образованием и обращением с отходами, включая стоимость теряемых для технологического процесса минеральных ресурсов, затраты на удаление отходов за вычетом возврата средств при утилизации некоторых видов отходов.

Например, затраты, связанные с образованием шлама газоочистки в доменном производстве, рассчитывались следующим образом. Выход шлама составил 0,00783 кг/т чугуна. В результате химического анализа шлама установлено, что в его составе содержались следующие материально-сырьевые ресурсы: 90 % – частицы агломерата, 10 % – частицы кокса. Стоимость агломерата на момент проведения исследований составляла 625,85 руб./т кокса – 815,59 руб./т (в ценах 2000 г.). Таким образом, со шламом потеряно: $625,85 \times 0,00783 \times 0,9 + 815,59 \times 0,00783 \times 0,1 = 5,05$ руб./т чугуна. Затраты на удаление шлама на шламохранилище составили 63,87 руб./т, или в пересчете на 1 т чугуна: $63,87 \times 0,00783 = 0,50$ руб. Итого аккумулированные в шламе затраты составят: $5,05 + 0,50 = 5,55$ руб./т чугуна.

Затраты, связанные с образованием доменного шлака, включают стоимость доменной шихты (651,85 руб. в пересчете на 1 т переработанного сырья) и расходы на перевозку шлака на шлакоперерабатывающее предприятие (6,21 руб./т). При выходе шлака 0,3795 т/т чугуна общие затраты составили: $(651,85 + 6,21) \times 0,3795 = 249,73$ руб./т чугуна. За счет продажи жидкого шлака шлакоперерабатывающему предприятию по цене 0,75 руб./т полученный доход в пересчете на 1 т чугуна составил: $0,75 \times 0,3795 = 0,28$ руб./т. За вычетом этого дохода аккумулированные в

шлаке затраты составят: $249,73 - 0,28 = 249,45$ руб./т чугуна.

Выполненные аналогичным образом расчеты по каждому виду отходов показали, что общая сумма затрат, связанных с образованием и обращением с отходами в доменном цехе, составила 299,6 руб./т чугуна, или 16,7 % от его себестоимости, в том числе затраты, связанные с образованием шлака составили 13,9 %, чугунного скрапа – 0,9 %, пылей и отсеков – 1,9 %. В сталеплавильном производстве суммарные затраты, связанные с образованием отходов, составили 211,7 руб./т стали, или 10,3 % от себестоимости стали, в том числе затраты, связанные с образованием конвертерного шлака, составили 6,2 %, пылей – 1,6 %, отработанных огнеупоров – 1,4 %, металлодержащих отходов и брака – 1,1 %.

Доля утилизируемых отходов составила в доменном производстве 90,5 %, в сталеплавильном – 78,9 %. Однако компенсация понесенных вследствие образования отходов затрат составила в доменном производстве всего лишь 5,8 %, в сталеплавильном – 4,4 %.

Таким образом, полученные результаты показывают, что материальные и финансовые потери, которые несет металлургическое предприятие в связи с образованием отходов, весьма значительны. При этом подтверждена известная тенденция увеличения потерь ближе к начальным стадиям производства, что свидетельствует об особой важности их тщательной отладки, продуманности и контроля. Показано, что утилизация отходов обеспечивает лишь незначительную долю возврата затраченных средств. В то же время достаточно высокая доля в себестоимости продукции металлургических производств затрат, связанных с образованием отходов, свидетельствует о существовании значительных резервов ее снижения. Показатели образования отходов на аналогичных металлургических предприятиях в индустриально развитых странах демонстрируют очевидные технические, технологические и организационные возможности значительного их сокращения для отечественных предприятий.

Предложенный метод материально-сырьевых балансов целесообразно ввести в основу ежемесячного первичного производственного учета потерь материальных ресурсов. Данные материально-сырьевых балансов могут стать основой для расчета затрат, связанных с образованием и обращением с отходами, и отдельного их учета в калькуляции себестоимости продукции. Это позволит техническому руководству производства иметь постоянную оперативную информацию о количестве и структуре потерь для технологического процесса, а также сумму и структуру связанных с этими затратами, которые ложатся на себестоимость выплавляемых чугуна или стали.

Содержащиеся в отходах затраты должны быть учтены при расчете цены отходов в случае внедрения технологий переработки отходов в собственном производстве или продаже их сторонним предприятиям.

Создание такого принципа ценообразования на отходы позволит кардинальным образом изменить отношение к ним со стороны всех цехов, так как сокращение их образования или направление на утилизацию будет обеспечивать существенный экономический эффект непосредственно в том производстве, где они образуются.

Представленные результаты демонстрируют возможный подход к оценке и ликвидации потерь, которые несет металлургическое предприятие вследствие нерационального использования ресурсов. Предложенный метод позволит руководителям производства оперативно выявлять резервы снижения себестоимости продукции, послужит основой для эффективного управления производством и принятия оптимальных и надежных коммерческих решений.

УДК 658 567

ОРИЕНТИРЫ И КРИТЕРИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕГОДНЯ

АБСАЛЯМОВ Р.Р., СКОРИН В.П., СОЛДАТЕНКО С.В.

*Стерлитамакское территориальное управление Министерства
природных ресурсов Республики Башкортостан,
ООО «Научно-производственное внедренческое предприятие
«Новые химические технологии», ООО «Нефтехиминдустрия»
г. Стерлитамак, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия*

Учитывая распространенность технократического мышления, считаем необходимым начать с того, что рассмотрение экологических проблем и соответствующих им видов деятельности в отрыве от состояния общества ведет к пониманию экологической деятельности как самоцели, лишает её социальных ориентиров, критериев, и наоборот.

Общество уже избавилось от иллюзий и мифов, состоявших в том, что частная собственность, рынок сами по себе решат все проблемы, в том числе экологические. Оказалось, что целью предприятий в условиях капиталистического способа производства является извлечение прибыли, а все остальное – лишь помеха на пути к этой цели. Правда, государство стимулирует предприятия посредством экологического законодательства к уменьшению негативного воздействия на окружающую природную среду – обязывает производить плату за такое воздействие. Однако предприятия-загрязнители окружающей природной среды после принятия ныне действующих тарифов платы неоднократно повышали цены на выпускаемую продукцию. В результате стимулирующая роль платы за негативное воздействие на окружающую природную среду из года в год уменьшалась. В настоящее время её роль невелика: предприятиям -

загрязнителям выгоднее платить за негативное воздействие на окружающую природную среду, чем внедрять природоохранные технологии. Предприятиям же, внедряющим такие технологии, невозможно выполнять договорные обязательства при цене договора, равной плате заказчика за негативное воздействие на окружающую природную среду. Таким образом, нынешнее экологическое законодательство неэффективно стимулирует предприятия к уменьшению негативного воздействия на окружающую природную среду, не стимулирует к внедрению природоохранных технологий, обеспечивая поступление средств в бюджет. Очевидно, что происшедшего снижения стимулирующей роли платы не произошло бы, если бы величина платы определялась не только тарифом, но и зависела от повышения цен на выпускаемую продукцию. Если плата была введена действительно для стимулирования предприятий к уменьшению негативного воздействия на окружающую природную среду, то она должна повышаться, если в течение определенного времени (например, 3 – 5 лет) предприятие не внедрит ни одной природоохранной технологии.

Без сомнения, предприятия незамедлительно компенсируют повышение тарифов платы за негативное воздействие на окружающую природную среду повышением цен на выпускаемую продукцию. Следовательно, одновременное повышение всех тарифов в целом по стране чревато инфляцией. Поэтому повышение тарифов платы необходимо произвести не по всем видам загрязняющих веществ сразу, а по единичным видам, придавая особое значение их очередности. Повышение тарифа на определенное загрязняющее вещество должно затрагивать только интересы конкурирующих производителей, которые будут вынуждены повышать (или не повышать) цены на продукцию с оглядкой на конкурентов.

В настоящее время экономическое законодательство формально стимулирует предприятия к уменьшению негативного воздействия на окружающую природную среду своими отходами, сточными водами и отходящими газами, но не стимулирует эти предприятия к оказанию помощи другим предприятиям путем утилизации их отходов, сточных вод, отходящих газов. Поэтому в настоящее время предприятия не заинтересованы в утилизации отходов, сточных вод, отходящих газов других предприятий. Такое положение должно и может быть исправлено на законодательном уровне путем уменьшения платы предприятия за свое негативное воздействие на величину платы, соответствующую неосуществившемуся негативному воздействию другого предприятия, предоставившего отход(ы), сточные воды, отходящие газы для утилизации. Если это все-таки произойдет, то позиция государства в деле уменьшения негативного воздействия на окружающую среду станет однозначной.

Во время экономических кризисов всегда оживлялась торговля, так

как это диктовалось потребностями общества в восстановлении разорванных и создании новых экономических связей. В 2003 году Президент России В.В. Путин сформулировал необходимость удвоения валового продукта для вывода общества из экономического кризиса. Поскольку утилизация отходов, сточных вод в качестве товара соответствует решению поставленной задачи, то этот вид экономической деятельности в настоящее время актуален, а поиск отходов, сточных вод с признаками товара, то есть обладающих потребительскими свойствами, имеет приоритетное значение. В настоящее время существует необходимость в утилизации готовых к использованию 12 – 20 % водных растворов гипохлорита кальция с содержанием активного хлора 6 – 10 мас. % в количестве до 60 т/сутки. Эти растворы могут быть использованы в качестве дезинфицирующего средства вместо порошкообразной двуосновной соли гипохлорита кальция, содержащей около 50 мас. % извести, являющейся балластом. Растворы могут быть использованы и в качестве реагента для очистки сточных вод от органических и неорганических веществ, для получения хлора, соляной кислоты, хлористого кальция, гипса, а также в качестве антифриза перед выполнением земляных работ в холодное время года (на кладбищах крупных городов, в горнодобывающей промышленности, строительстве).

Отходы, не обладающие признаками товара, могут быть использованы для обработки, очистки, обезвреживания других отходов, сточных вод, отходящих газов вместо товарных реагентов, как это было сделано в запатентованном нами «Способе очистки сточных вод от меди, железа и марганца». Достижимая при этом экономия товарных химически чистых реагентов равноценна увеличению их производства. Утилизация отходов в качестве товара (то есть путем оптовой продажи другим предприятиям) по своему социальному значению и роли шире и значительнее утилизации отходов внутри предприятия. Кроме того, последняя путем рецикла (то есть путем возврата в производство) означает повторные затраты и, следовательно, увеличение себестоимости продукции. Возврат в производство отходов, обладающих признаками товара, означает уничтожение потребительских свойств отхода в момент смешения с сырьем или продуктом. Таким образом, решение о переработке отхода должно быть достаточно обоснованным (например, необходимостью переработки захороняемых или уже захороненных отходов с целью их последующей утилизации, очистки, обезвреживания).

Мы заинтересованы в деловом и творческом сотрудничестве с предприятиями, научными учреждениями и отдельными специалистами, а также средствами массовой информации, в том числе редакциями экологических изданий, региональных справочников по предприятиям, учреждениям. Наш адрес: П/я 82, г. Стерлитамак, Республика Башкортостан, Россия, 453124. Телефон (3473) 25-69-07 (предпочтительно с 14 до 20 часов (время московское)).

**СТРОИТЕЛЬСТВО МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА
– НАИБОЛЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ЭКОНОМИЧЕСКИ
ОБОСНОВАННОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ**

ПАНОВ Б.П., МАЛКОВ А.Л.

*ФГУП «Сибирский Промстройпроект»
г. Новокузнецк*

В настоящее время строительство полигонов захоронения ТБО уже не отвечают современным требованиям.

Более того, в окрестностях Новокузнецка нет достаточно приемлемых площадок для размещения полигона ТБО.

Решить проблему ТБО в г. Новокузнецке можно *двумя вариантами*:

1. Строительство трех мусоросортировочных станций в разных районах города; селективный сбор ТБО и строительство приемных пунктов по приему у населения некоторых видов ТБО (макулатура, пластиковые бутылки, батарейки, шприцы); строительство предприятий, производств по переработке отсортированных отходов; строительство полигона для захоронения не утилизируемых ТБО.

2. Строительство мусороперерабатывающего завода (по примеру заводов МПБО в г. Санкт-Петербурге).

Фотографии заводов МПБО в г. С-Петербурге.

Наиболее интересно решена проблема ТБО на южном Опытном заводе МПБО по адресу: Волхонское шоссе, 116.

В структуру этого завода входят:

- опытный завод МПБО г. С-Петербурга и Ленинградской области с производительностью 900 тыс. м³/год (для сравнения: в г. Новокузнецке образуется 1 млн. м³/год ТБО);

- два полигона бытовых отходов с производительностью 2300 тыс. м³/год ТБО каждый;

- полигон промышленных отходов с производительностью 398 тыс. м³/год промышленных и строительных отходов;

- производственный комплекс завода «Экспериментальные металлические изделия»;

- тракторный парк для работы на полигонах, в т.ч. на иловых катрахах.

Основные направления деятельности:

- сбор, сортировка и селективный разбор бытовых отходов;

- устройство и обслуживание полигонов и объектов для утилиза-

ции и переработки отходов;

- работы, связанные с вывозом, утилизацией и обезвреживанием бытовых, промышленных и прочих отходов;

- прием, размещение, обезвреживание и переработка ТБО, промышленных и строительных отходов и прочего мусора;

- спецзахоронение некачественных пищевых продуктов и промышленных товаров (кроме радиоактивных и токсичных);

- временное хранение промышленных отходов с целью их дальнейшей переработки;

- изготовление контейнеров и технического оборудования для сбора и сортировки отходов;

- разработка и успешно эксплуатируемая технология рекультивации иловых карт с одновременным обезвреживанием ТБО, а также отработка технологии рекультивации полигонов;

- разработка современных технологий переработки отходов в научно-производственной лаборатории.

По состоянию на 2003 г. опытный завод МПБО принимает к размещению 85 % бытовых и промышленных отходов Санкт-Петербурга.

Опытный завод МПБО был спроектирован и построен отечественными специалистами с использованием зарубежного опыта.

Механизированная переработка ТБО осуществляется на этом заводе в следующей последовательности:

- 1) отбор цветного и черного металлолома, макулатуры, пластмасс;

- 2) производство изделий первичной переработки пластмассовых отходов;

- 3) промышленный метод обезвреживания ТБО (после предварительной сортировки) – биотермический с получением органического удобрения – компоста;

- 4) термическая переработка (пиролиз) некомпостируемых остатков совместно с отработанными шинами для получения углеродосодержащего продукта – пирокарбона.

Для реализации этой технологической схемы завод состоит из:

- цеха сортировки;

- цеха биокомпостирования;

- цеха сепарации компоста;

- цеха пиролиза некомпостируемой части ТБО.

В настоящее время в г. Новокузнецке по заданию Администрации города проектным институтом «Сибирский Сантехпроект» выполняется проект полигона.

Полигон является наиболее простым и дешевым методом обезвреживания и складирования ТБО.

Но для его строительства необходимы площадки, где есть глина

или тяжелые суглинки, чтобы обеспечить водонепроницаемое основание и фильтрующие слои по толще полигона.

Иначе, полигон становится источником заражения почв, поверхностных и подземных вод, а также атмосферы.

ФГУП «Сибирский Промстройпроект» предлагает решить проблему ТБО в г. Новокузнецке следующим образом:

Организация сбора ТБО

В специальные контейнеры, устанавливаемые во дворах на расстоянии 20 – 100 метров от жилья.

В спецконтейнеры, устанавливаемые в мусоропроводных камерах, во дворах, имеющих мусоропроводы.

Использование селективного сбора ТБО в микрорайонах с установкой спецконтейнеров для каждого вида отхода (металл, пластмасса, бумага, пищевые отходы и т.д.)

Приемные пункты утильных ТБО у населения.

Вывоз ТБО

Спецтранспортом – мусоровозами с внедрением автоматической системы контроля за передвижением мусоровозов.

Отходы строительства, образующиеся при ремонтах квартир, зданий должны вывозиться транспортом предприятий, осуществляющих ремонт, на спецполигон для их обезвреживания и захоронения.

Переработка

I этап – сортировка, позволяет удалить опасные отходы (отработанные батарейки, металл, тару из-под краски и др.).

II этап – биокомпостирование по технологии аэробного сбраживания компостируемой части ТБО происходит без негативного воздействия на окружающую среду с получением товарного продукта – высококачественного органического удобрения (компоста).

Предварительная сортировка позволяет вдвое сократить материальные потоки отходов, направляемые на термическую переработку и компостирование, улучшает качество компоста, стабилизирует термические процессы и сокращает выбросы в атмосферу вредных веществ.

Технические условия на компост

1. Внешний вид – влажный рыхлый продукт темно-серого цвета.
2. Массовая доля воды – не более 50 %.
3. Размер частиц – не более 25 мм.
4. Массовая доля стекла – не более 1,5 %.
5. Массовая доля полимерных материалов – не более 0,5 %.
6. Массовая доля прочих балластных включений – не более 1 %.
7. Кислотность рН – не менее 6,5.
8. Массовая доля органического вещества – не менее 50 % на сух.в-во.

9. Массовая доля питательных веществ: азот – не менее 0,8 %, фосфор – не менее 0,5 %, калий – не менее 0,3 %, кальций – не менее 0,7 % на сухое вещество.

10. Нитраты – не более 300 мг/кг сух.в-ва.

11. Отношение С : N – не более 30.

12. Содержание микроэлементов: медь – не более 300мг/кг, цинк – не более 1500 мг/кг, кобальт – не более 25 мг/кг сух. в-ва.

13. Содержание примесей токсичных элементов: кадмий – не более 5 мг/кг, свинец – не более 1900 мг/кг, хром – не более 250 мг/кг, никель – не более 100 мг/кг, мышьяк – не более 5 мг/кг, ртуть – не более 5 мг/кг сухого вещества.

14. Содержание пестицидов (остаточных количеств ДДТ и ГХЦГ) – не менее 0,001 мг/кг сухого вещества.

Область применения компоста

- органическое удобрение в с/х для пропашных культур (овощные, кормовые корнеплоды, картофель, кукуруза, подсолнечник), озимые зерновые;

- для восстановления культурных сенокосов и пастбищ;

- в качестве биотоплива в теплично-парниковом хозяйстве;

- для рекультивации нарушенных земель, восстановления плодородия, первичного окультуривания мелиорированных земель

- в качестве изолирующего грунта для рекультивации свалок;

- органическое удобрение для газонов в садово-парковых хозяйствах.

Стоимость компоста – ниже традиционных органических удобрений.

Способы внесения компоста в почву

- 18 – 23 см – на легких песчаных и супесчаных почвах;

- 13 – 17 см – на почвах тяжелого механического состава;

- 25 – 30 см – в качестве биотоплива.

Доза в т/га сухого вещества

- 5 – 15 – для легких почв;

- 5 – 30 – для суглинистых и глинистых почв;

- 10 – 50 – при закладке и ремонте сенокосов и пастбищ, рекультивации земель и создании газонов.

Получение пирокарбона

По технологии термического разложения без доступа воздуха/

Схема с диска

Применение пирокарбона

1. При производстве резинотехнических изделий вместо технического углерода.

2. При производстве красителей пластмасс и красок как аналог газового углерода.

3. Для флотации руд полезных ископаемых в качестве активного угля.
4. В сельском хозяйстве в качестве почвоулучшителя.
5. При производстве электродов в электролизной промышленности в качестве активного угля.

УДК 628.544 (571.54)

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

ХАНХУНОВ Ю.М.

*Восточно-Сибирский государственный технологический университет,
г. Улан-Удэ*

В настоящее время весьма актуальными являются вопросы управления отходами и обеспечения экологической безопасности на территории Российской Федерации и Республики Бурятия. С выходом Федерального закона от 24.06.98 № 89 «Об отходах производства и потребления» появились правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду. Кроме того, весьма важным является то, что Федеральный закон определяет основные принципы экономического регулирования в области обращения с отходами:

- уменьшение количества отходов и вовлечение их в хозяйственный оборот;
 - платность размещения отходов;
 - экономическое стимулирование деятельности в области обращения с отходами.
- Современное состояние обращения с отходами в Республике Бурятия характеризуется опасным загрязнением всех компонентов окружающей среды на Байкальской природной территории, принося тем самым значительный эколого-экономический ущерб, и представляет реальную угрозу уникальной экосистеме озера Байкал.

Анализ динамики образования отходов производства и потребления за последние 10 лет показывает, что на территории Республики Бурятия неуклонно происходит рост образования и накопления отходов, в том числе опасных, что говорит о низком техническом уровне промышленных предприятий, несовершенстве применяемых технологий, отсутствием современных технологий по переработке и утилизации отходов. В то же время с развитием рыночных отношений в республике резко возрастает потребление продовольственных и промышленных товаров, улучшается качество жизни, что ведет к увеличению отходов потре-

ния на душу населения. С другой стороны, удельный норматив образования ТБО на одного человека, проживающего в благоустроенном жилище, составляет всего 210 – 230 кг/год, что уже давно не соответствует современным требованиям нормирования.

По непроемленным отходам (ТБО) увеличение объемов образования отходов не прогнозируется, так как по данным статистичности, по населенным пунктам Бурятии наблюдается уменьшение численности населения.

Однако на перспективный период, с 2004 года по 2008 год приводятся нормативные данные образования ТБО, которые приняты согласно расчетным данным по численности населения в г. Улан-Удэ, равной 465 тыс. человек, и норме накопления ТБО, равной 1,3 м³/год при средней плотности 0,2 т/м³. Расчет выполнялся «Гипрокоммунстроем» при определении мощности мусороперерабатывающего завода г. Улан-Удэ.

Строительство мусороперерабатывающего комплекса в г. Улан-Удэ позволит вторично использовать 24 тыс. тонн отходов, а также снизить объем захоронения.

В общем балансе отходов, образующихся на территории Бурятии, по отраслям экономики ведущие места принадлежат цветной металлургии (отходы вскрышных пород и хвосты переработки руды) и предприятиям энергетики (золошлаковые отходы).

Согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» отходы производства и потребления в соответствии со ст. 51 подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством РФ [1].

Схема обращения с опасными отходами производства и потребления может осуществляться по разным вариантам (рисунок 1) в зависимости от вида отхода, его наименования, класса опасности, например:

- сбор – хранение – транспортирование – захоронение (ТБО);
- сбор – хранение – транспортирование – обезвреживание – использование (утилизация) (люминесцентные лампы, отработанные масла и др.);
- сбор – хранение – обезвреживание – захоронение (шламы гальванического производства) и т.д.

Проблемы обращения с отходами в различных отраслях промышленности с одними и теми же наименованиями отходов весьма разнообразны, а именно сотни тысяч тонн золошлаковых отходов ГРЭС и несколько десятков-сотен тонн в отопительной котельной; отходы вскрышных пород небольшого карьера завода железобетонных конструкций и миллионы тонн аналогичных отходов алмазо- и золотодобывающих предприятий.

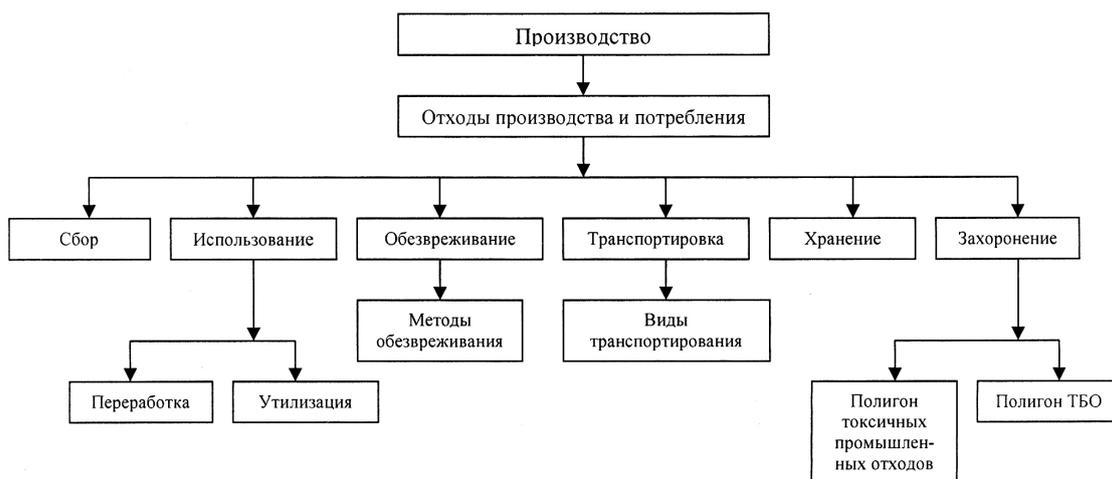


Рисунок 1 – Схема обращения с отходами

Например, по данным отчетной документации № 2-ТП (отходы), в 2002 году на предприятиях республики было образовано 38,774 тыс. тонн непроемственных отходов – твердых бытовых отходов, данные по которым представлены в следующей таблице 1 [2].

Таблица 1 – Обращение твердых бытовых отходов на предприятиях Республики Бурятия

Виды обращения отходов	2001	2002
Образовано ТБО за год	41,33	38,774
Наличие на предприятии на начало года	0,999	4,677
Поступление от других предприятий	59,229	14,948
Использование на предприятиях	5,266	0,101
Обезвреживание на предприятиях	0,246	7,818
Передано другим предприятиям	0,357	27,697
в том числе для:	-	
- использования;	-	0,077
- обезвреживания;	-	0,002
- хранения;	-	0,372
- захоронения;	92,446	27,246
Размещение на собственных объектах:		18,153
- для хранения;		0,012
- для захоронения;		18,141
Наличие на предприятии на конец года	1,262	4,642

На территории Республики Бурятия во всех 21 административных районах сложилась практически одинаковая схема санитарной очистки населенных пунктов и промышленных предприятий:

- Образующиеся отходы временно накапливаются в мусоросборниках, установленных в жилом секторе, и в различных контейнерах на промплощадках предприятий.

- Накопленные непроемчивые отходы (ТБО) и производственные отходы, разрешенные к размещению с бытовыми отходами, вывозятся на свалки ТБО.

- Производственные отходы 1, 2, 3 классов опасности накапливаются на площадках предприятий до появления возможности их переработки при вводе в эксплуатацию полигонов токсичных отходов или спецпредприятий по переработке отходов.

Большинство существующих свалок в населенных пунктах организованы с нарушением действующих норм и правил по организации полигонов для обезвреживания бытовых отходов; открытые свалки, устроенные на грунтовом основании без предварительной подготовки, не отвечают санитарно-гигиеническим нормам и правилам.

Технология обезвреживания отходов, как правило, не соблюдается; изоляция ТБО не производится, нет постоянного обслуживания и в большинстве случаев нет собственной спецтехники на свалках. После окончания срока работы свалок рекультивация территории не производится.

Основными источниками загрязнения окружающей среды отходами являются несанкционированные свалки, число которых постоянно растет, а также предприятия. Захламление территории населенных пунктов и мест массового отдыха бытовым мусором наносят большой ущерб побережью озера Байкал.

Значительное загрязнение окружающей среде отходами производства наносят Улан-Удэнский и Гусиноозерский промышленные узлы, хвостохранилище Джидинского вольфрамово-молибденового комбината в Закаменске и старательские артели по добыче россыпного золота в Хоринском и Бичурском районах.

Отходы производства образуются и на предприятиях цветной металлургии – золотодобывающих объектах ОАО «Бурятзолото» и старательских артелях Баунтовского, Муйского районов и др.

Как показывают данные отчета Республиканского государственного унитарного предприятия «Территориальный центр «Бурятгеомониторинг», свалки промышленных и бытовых отходов оказывают существенное негативное влияние на состояние недр. Свалки твердых бытовых отходов являются одними из опасных источников загрязнения поверхностных и подземных вод, в целом окружающей среды. До настоящего времени нет специализированных полигонов складирования отходов и их переработки в соответствии с действующими нормативными требованиями. Количество несанкционированных свалок бытовых отходов по-

стоянно возрастает. Особенно многочисленные несанкционированные свалки образуются в пределах городов Улан-Удэ и Гуисноозерск, а также других населенных пунктов. От свалок в почвы, зону аэрации и подземные воды поступают различные опасные загрязняющие вещества (тяжелые металлы, нефтепродукты и др.), концентрация которых многократно превышает ПДК. Работы по устранению неорганизованных свалок не ведутся, а организованные свалки в отведенных местах находятся в неудовлетворительном состоянии (п. Матросово, п. Загорск и др.) [2].

В программе устойчивого развития РБ, разработанной в 2001 году, были рассмотрены проблемы использования (утилизации) отходов производства и потребления и предложены следующие инженерно-технические мероприятия:

1. Утилизация отработанных ртутных приборов и люминесцентных ламп на установке по демеркуризации на Улан-Удэнском авиационном заводе.

2. Обезвреживание и утилизация отходов нефтепродуктов (нефтьшламы, замазученный грунт, аварийные разливы).

3. Переработка осадков очистных сооружений МУП «Водоканал» г. Улан-Удэ в органические удобрения.

4. Переработка отходов полимеров в строительные материалы.

5. Переработка отходов полимеров для изготовления различных емкостей (канистр) и тары непищевого использования.

6. Использование золошлаковых отходов в производстве строительных материалов.

7. Обезвреживание биологических, медицинских и бытовых отходов с помощью инсинератора (ИН-50).

8. Строительство мусороперерабатывающего завода в г. Улан-Удэ.

9. Проектирование и строительство полигона для хранения и переработки токсичных отходов г. Улан-Удэ.

10. Создание установки для плазменного уничтожения производственных и бытовых отходов в г. Улан-Удэ.

Большинство мероприятий данной программы относилось к целесообразным мероприятиям, способным в запланированные сроки привести к намеченному результату, но из-за отсутствия источников финансирования некоторые мероприятия остались невыполненными.

В конце 2002 года авиационный завод закупил установку УРЛ-2 для обезвреживания и утилизации ртутных люминесцентных ламп, которая успешно работает в настоящее время. На городской свалке при финансовой поддержке Государственного комитета по экологии и природопользованию внедрена технология обезвреживания замазученного грунта и нефтьшламов с использованием микроорганизмов. Органические удобрения, полученные при переработке осадков хозяйственно-бытовых

сточных вод методом компостирования, получили положительный сертификат качества, но популярностью у населения города Улан-Удэ не пользуются, при стоимости одной тонны перегноя (навоза) триста рублей, вышеуказанные позиции 1, 2, 3 были выполнены.

Строительство мусороперерабатывающего завода в Улан-Удэ в настоящее время остановилось на I очереди – проведена процедура ОВОС, выделены участки земли в пределах города под сортировочные площадки, под полигон, определена технология переработки ТБО и т.д.

По вышеуказанным позициям 4, 5, 6 в республике развивается производство строительных материалов из стеклобоя, золошлаковых отходов, полимерных отходов (связующая добавка + песок).

В Республике Бурятия и на Байкальской природной территории (БПТ) по сравнению с другими субъектами РФ, существуют некоторые особенности по обращению с опасными отходами.

На Байкальской природной территории в соответствии со статьей 6 Федерального закона «Об охране озера Байкал» запрещены виды деятельности, связанные с химическим загрязнением озера Байкал или его водосборной части, выбросами вредных веществ, использованием пестицидов и размещением опасных отходов. Согласно статье 14 Федерального закона «Об охране озера Байкал» устанавливаются предельно допустимые объемы сбросов и выбросов, размещения отходов производства и потребления, вредных для уникальной природной системы, разрабатываемые на основе НИИОКР и подлежащие ежегодному пересмотру с учетом состояния БПТ.

Постановлением Правительства РФ от 16.06.2000 № 461 «О правилах разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» лимиты на размещение отходов для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей пересматриваются для БПТ ежегодно, тогда как для других территорий – через 5 лет.

В настоящее время как в России, так и в Бурятии не завершена разработка эффективной государственной политики в сфере обращения с отходами.

Для совершенствования управления отходами производства и потребления необходимы создание системы управления обращением с отходами на основе управленческих, нормативных, экономических регуляторов, разработка нормативно-правовых документов по экономическому стимулированию предпринимательской деятельности в области обращения с отходами.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 «Об охране окружающей среды».

2. Федерального закона от 24.06.1998 № 89 «Об отходах производства и потребления».
3. Федеральный закон от 01.05.1999 г. № 94 – ФЗ «Об охране озера Байкал».

УДК 504.03:621.74

ВЛИЯНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ОАО «ЗАВОД «УНИВЕРСАЛ» НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ Г. НОВОКУЗНЕЦКА

Шульгин Ю.Ф., Татарников Д.Г., Штайгер К.И. Лубяной Д.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В ОАО «Завод «Универсал» (г. Новокузнецк) заканчивается реконструкция литейного цеха ванн, направленная на производство отливок низкой металлоемкости и высокой прочности с внедрением современных технологических процессов формовки и плавки.

К малоотходным процессам относится внедряемая на заводе ресурсосберегающая технология вакуумно-пленочной формовки (ВПФ), называемая за рубежом V-процесс, с освоением линии «ВЕК-7» производства фирмы «Henrich Wagner Sinto» (Германия).

Плавка чугуна предусматривается в вагранке производительностью 10 – 12 т/час с последующей доводкой до требуемых параметров в индукционном миксере емкостью 4 т VIP 500 кВт PT-10 Inductotherm (США).

Использование миксера позволит проводить операцию термовременной обработки расплава, благодаря которой можно эффективно воздействовать на структурообразование в чугуне рекристаллизации. Данная операция, как показывает опыт ЗСМК*, позволяет повысить качество продукции снизить ее себестоимость и в конечном итоге повысить конкурентно способность продукции выпускаемой на ОАО «Завод Универсал».

Снижение металлоемкости ванн обеспечивается уменьшением толщины стенок до 5 мм. При этом сохранение прочности изделия должно быть обеспечено стабильным получением в отливке чугуна марки СЧ 15, не ниже ГОСТ 18297-96 «Приборы санитарно-технические чугунные эмалированные». ТУ предусматривает изготовление ванн из серого чу-

* Эффективность современных способов повышения качества изделий из чугуна и развитие металлургических и машиностроительных предприятий в условиях конкуренции / Отв. ред.: Д.А. Лубяной, Н.И. Новиков. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2004. – 131 с.

гуна марки СЧ 10 или СЧ 15 по ГОСТ 1412-85.

Повышение уровня технологии в одном звене технологического процесса должно неизбежно повлечь за собой позитивные изменения в остальных взаимосвязанных технологических звеньях. В противном случае достигнутый эффект может быть сведен к нулю отсталой технологией других переделов.

В состав комплекса технического перевооружения литейного цеха входят следующие объекты:

- отделение подготовки песка;
- отделение формовки;
- плавильно-заливочный участок;
- газопровод природного газа.

Годовая производительность ванн в реконструируемом цехе составляет 280000 единиц.

В процессе реконструкции литейного цеха будут ликвидированы одиннадцать источников выбросов вредных веществ в атмосферу:

- десять вытяжных систем ранее не оборудованных пылеочистными системами (выбивное отделение);
- резервуары (углеводороды предельные);

Ликвидированные источники выбрасывали следующие вредные вещества:

- пыль неорганическая 70 – 20 % двуокиси кремния (шамот, цемент и др.) – 48,87 т/год;
- углеводороды предельные (растворитель РПК-265П и др.) – 0,0008 т/год в пересчете на суммарный углерод.

Годовой выброс вредных веществ от реконструируемого объекта составит 491,4581 т/год, в том числе:

- красочная аэрозоль – 12,6 т/год;
- этанол – 470,4 т/год;
- двуокись азота – 0792 т/год;
- пыль неорганическая – 4,0291 т/год;
- оксид азота – 0,13 т/год;
- оксид углерода – 3,507 т/год.

Мероприятия по уменьшению выбросов в данном проекте заключаются в использовании циклонов для очистки воздуха, загрязненного неорганической пылью, в циклонах СКЦН-34, выпускаемых ООО «КемеровоХиммаш».

Степень очистки в этих циклонах достигает 98 %.

Количество уловленной пыли в циклонах составит ежегодно 76,5529 т/год.

Источником хозяйственно-питьевого водопровода для проектируемого объекта служит заводской водопровод.

Источником технической воды – водопровод завода ферросплавов.

Для экономии свежей воды на проектируемом объекте предусмотрено четыре оборотных цикла общим объемом 4200 м³/сут (зимой) и

5900 м³/сут. (летом) через градирни.

Потери воды в оборотных циклах 7 % (294 и 412 м³/сут.) зимой и летом соответственно.

Для предотвращения загрязнения почв района в проекте предусмотрено:

- бытовые отходы в количестве 18,75 м³/год будут собираться в контейнер, и вывозиться специальным автотранспортом на городскую свалку;

- отработанные люминесцентные лампы, в количестве 0,014 т/год собирают в специальном контейнере и отправляют на демеркуризацию в Горсветсервис;

- смет с территории в количестве 11,52 т/год будет собираться в контейнер, и вывозиться специальным автотранспортом на городскую свалку;

- технологические отходы формовочной земли в объеме 4200 т/год будут использоваться на заводе для производства полимеропесчаной тротуарной плитки;

- технологические отходы полиэтиленовой пленки в объеме 76,4 т/год будут использоваться на заводе также для производства полимеропесчаной тротуарной плитки;

- отходы чугунного литника в объеме 1200 т/год возвращаются на переплавку;

- строительный мусор при реконструкции литейного цеха в объеме 200 м³ будет использован на обратную засыпку фундаментов ростверков при строительстве отделения подготовки песка.

Выводы: Все перечисленные мероприятия в конечном итоге позволят снизить негативное влияние предприятия ОАО «Завод Универсал» в загрязнении окружающей среды.

УДК 662.741.3.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОКСА В НАПОЛЬНЫХ ПЕЧАХ

СТРАХОВ В.М., ЛОБАНОВ В.В., ДИНЕЛЬТ В.М.

*Кузнецкий центр Восточного углехимического
научно-исследовательского института,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В настоящее время основным процессом получения кокса является классическая технология коксования в камерных печах. Эта технология предназначена для доменного кокса. Не доменные же производства вынуждены использовать в качестве восстановителя и топлива отсеvy металлургического кокса. Производство специальных видов кокса в России

отсутствует.

В связи с этим ведется активная работа по созданию технологии, с помощью которой возможно получение кокса со специфическими свойствами, удовлетворяющими требованиям не доменных производств.

В то же время ужесточение экологических требований к коксовым батареям, высокие цены на коксующиеся угли, снижающийся спрос на коксохимические продукты коксования и др. сделали малоэффективным инвестирование производства кокса в многокамерных коксовых батареях с улавливанием и переработкой химических продуктов коксования. За последние 30 лет структура бизнеса, инженерные возможности и научно-исследовательские работы сократились до минимума вследствие определенного застоя на рынке кокса и в технологии коксования, а действующие мощности по производству кокса и технологические процессы безнадежно устаревают. Так, в России в настоящее время около 50 % кокса вырабатывают на батареях со сроком эксплуатации более 20 лет. Аналогичная ситуация складывается и в зарубежной коксохимической промышленности: 40 % кокса производится на батареях с возрастом 24 – 38 лет.

В последние десятилетия в США, Германии, Индии, Китае и других странах выполняются исследования, накоплен промышленный опыт эксплуатации установок (печей), производящих кокс на основе технологий, предполагающих получение только двух продуктов: кокса и газа (так называемая «двухпродуктовая технология»). По этой технологии коксование производится без улавливания химических продуктов (ХПК), а процесс осуществляется в напольных коксовых печах особой конструкции, отличающейся от современных коксовых печей.

Здесь следует лишь перечислить работающие заводы без улавливания ХПК: технология «Джевелл-Томсон» (США) – завод Индиана Харбор Коук (268 печей) мощностью 1,1 млн. т кокса в год, система «TSOA/РАСТІ (Германия-США) – цех мощностью по коксу (192 печи) 1,2 млн. т в год., технология Кембла (Индия), технология фирмы «Тиссен Кропп Эн Коук» (Германия) – коксовые заводы компании «Иллавара Коук Компани» (Австралия) – завод (два цеха) с производством 250 тыс. т/год кокса. Завод в Австралии является лучшей рекламой экологической благонадежности технологии, так как он расположен на побережье Тихого океана в непосредственной близости от национального парка Стенвелл, растительность и животный мир которого прекрасно «уживаются» с таким соседством.

В Китае большое распространение (около 1500 предприятий) получили напольные (ульевые) коксовые печи без улавливания ХПК, в которых производят кокс (около 40 млн. т) широкого назначения. Оценка Кузнецким центром ВУХИНа качества такого кокса показала, что он яв-

ляется хорошим углеродистым восстановителем для производства ферросплавов, обладая высокими реакционной способностью, электросопротивлением и развитой пористостью.

Кузнечным центром ВУХИНа с использованием опыта работы китайских заводов разработан технологический регламент производства кокса в напольных печах из кузнечных и экибастузских углей (в шихте 1:1), предназначенного для использования на Аксуском заводе ферросплавов (Казахстан).

Технология производства кокса в напольных печах следующая.

Коксовые камеры представляют собой печи камерного типа с прямоугольной областью пода и арочным сводом. Печная камера имеет следующие размеры: длина – 22090 мм, ширина – 3000 мм, высота – 3300 мм (от пода печи до замка свода). Загрузка шихты высотой 1800 мм. Разовая загрузка шихты в печь равна около 100 т, выход кокса 65 – 70 т.

В боковых стенках печной камеры имеются вертикальные газовые каналы, по которым эвакуируется одновременно сырой коксовый газ из камеры коксования и подсасывается сверху камеры атмосферный воздух. Продукты горения коксового газа направляются в подовые каналы, где отдают основное количество тепла. Требуемый расход воздуха поддерживается за счет разряжения, которое создает дымовая труба с естественной тягой. Высота трубы около 50 м, диаметр устья – около 2,2 м.

После загрузки шихты в камеру и розжига кусковым углем происходит нагрев угольной массы, выделение и возгорание выделяющихся из нее летучих веществ. Образующийся сырой коксовый газ сжигается и при этом выделяется тепло, необходимое для коксования.

По мере сгорания коксового газа в вертикальных каналах происходит нагрев угольной шихты от боковых стенок камеры. Остаточное количество сырого газа полностью догорает в подовых каналах, расположенных горизонтально под подом печи и соединенных с полостью камеры посредством вертикальных каналов. В присутствии избыточного воздуха (в пределах 6 – 8 % O₂) происходит полное сжигание газа при температуре 1100 – 1200 °С. Таким образом, осуществляется нагрев угольной шихты от пода камеры.

Из подовых каналов дымовые газы поступают в газосборник и направляются по промежуточным газоходам в промежуточный боров и дымовую трубу. Газоходы имеют регулируемые окна для подсоса воздуха с целью разбавления дымовых газов и их охлаждения сбрасываемого газа до 500 – 700 °С.

Производство кокса осуществляется на двух блоках батарей. Каждый блок включает по 32 печи (две батареи по 16 печей) с одной дымовой трубой. Объем производства валового кокса на двух блоках составляет около 100 тыс. т в год.

По готовности кокс непосредственно в камере тушится водой из оборотного цикла, которая подается на раскаленную поверхность форсунками-распылителями через отверстия (сегментные щели) в своде камеры печи из трубопровода, проложенного по верху каждой печи.

В предлагаемой технологии производства кокса в напольных печах выбросы вредных веществ производятся только через дымовую трубу.

Выбросы современного коксохимического производства образуются в основном на пяти технологических объектах: загрузка печи шихтой, выгрузка кокса, тушение кокса, транспортировка кокса и дымовая труба. Суммарные выбросы современного КХП (производительностью 430 тыс. т кокса в год) значительно выше, чем в напольных печах при пересчете на одинаковую производительность по коксу (таблица 1).

Таблица 1 – Сводные сравнительные данные по выбросам вредных веществ коксовых и напольных печей

Наименование вещества	Коксовая батарея			Напольные печи		
	Суммарные выбросы			выбросы через дымовую трубу		
	г/с	мг/м ³	т/год	г/с	мг/м ³	т/год
Пыль	2,67	505,6	84,4	0,555	84,2	17,49
Сернистый ангидрид	1,23	117,4	38,9	5,296	803,7	166,9
Оксид углерода	19,89	516,0	627,3	1,793	272,0	56,5
Сероводород	0,06	20,75	2,0	-	-	-
Бензол	0,26	88,6	8,2	-	-	-
Аммиак	0,067	21,7	2,12	-	-	-
3,4-бензопирен $\times 10^{-5}$	0,94	0,0021	28,8	0,02	3,11	0,63
Оксиды азота	0,60	25,1	18,8	2,973	451,1	93,7
Фенол	0,003	0,23	0,10	-	-	-
Цианистый водород	0,007	0,65	0,22	-	-	-

Экологические преимущества технологии производства кокса в напольных печах «Аксу-кокс» следующие:

- отсутствие выбросов при загрузке шихты, т. к. она ведется влажной шихтой с дополнительным увлажнением и уплотнением (трамбованием);

- процесс коксования ведется под разряжением, что не дает возможности сырому коксовому газу попадать в атмосферу через неплотности кладки и дымоотракта, начиная от камеры коксования и до дымовой трубы;

- полное дожигание коксового газа за счет дополнительного подсоса воздуха через окна промежуточных газоходов, чем обеспечивается разрушение практически всех опасных атмосферных загрязнений;

- сухая пылеочистка отходящих газов (степень очистки от пыли 75

– 85 %);

- отсутствие выбросов при тушении кокса, т. к. способ мокрого тушения непосредственно в камере коксования при закрытых загрузочных проемах не позволяет выделяющимся водяным парам поступать в атмосферу через верхние тушильные отверстия в сводах камеры, ввиду наличия разряжения в последней;

- отсутствие побочных продуктов и сточных вод.

В последние годы мировая тенденция производства кокса направлена на использование технологии коксования в печах без улавливания химических продуктов (ХПК). По этому пути пошли прежде всего коксохимики США и Германии, где очень жесткие требования к охране окружающей среды.

В таблице 2 приведены данные работы заводов США по выбросам при коксовании углей в печах с улавливанием (традиционная технология) и без улавливания химических продуктов коксования. Сравнение данных показывает преимущества печей с уничтожением химических продуктов коксования, особенно по выбросам наиболее опасных веществ.

Таблица 2 – Выбросы при коксовании угля в печах с улавливанием и без улавливания химических продуктов коксования В США (производства 1 млн. т/год)

Вредные вещества	Масса выброса, т/год	
	Печи без улавливания ХПК (технология Sun)	Печи с улавливанием ХПК
Общеприемлемые:		
SO ₂	372	460
NO _x	355	821
CO	25	728
Летучие органические соединения	22	63
Взвешенные твердые частицы, всего	87	48
Наиболее опасные:		
бензол	0,26	16,7
этилен	-	7,2
тяжелые углеводороды	-	48,5
H ₂ S	-	3,6
метан	-	155,1
нафталин	0,15	3,3
толуол	0,26	4,1
ксилол	0,01	0,09

Таким образом, производство кокса в напольных печах без улавливания ХПК имеет явные экологические преимущества перед существующей технологией коксохимического производства. При этом возможно получение специального кокса для не доменных производств с благоприятными физико-химическими свойствами.

УДК: 502.55:669.1

ОЦЕНКА ЭМИССИИ ДВУОКИСИ УГЛЕРОДА ПРОИЗВОДСТВАМИ ОАО «ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

**ЮРЬЕВ А.Б., Долгополов В.П., Попов А.А.,
Ерошенко В.Ф., Чевалков А.В.**

*ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»
г. Новокузнецк*

16 февраля 2005 г. на международной арене вступил в силу Киотский Протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, ратифицированный 4 ноября 2004 г. в Российской Федерации. Согласно Протоколу страны, подписавшие Протокол, должны в целом сократить выбросы парниковых газов не менее чем на 5 % от уровня 1990 г. Для России разрешенный уровень выбросов парниковых газов на период 2008 – 2012 гг. установлен 100 % от уровня 1990 г. На долю «главного» парникового газа – CO₂ приходится около 80 % парникового эффекта, около 18 % дает метан, на вклад остальных газов (закись азота, гидрофторуглероды, перфторуглероды, гексафторид серы), которые перечислены в Приложении «А» Протокола, приходится остальное.

В соответствии с Киотским протоколом каждая Сторона представляет данные для установления ее уровня накоплений углерода в 1990 году. До 2007 года должна быть создана национальная система для оценки антропогенных выбросов из всех источников.

Для реализации Киотского Протокола до 2007 г. должны быть разработаны и приняты соответствующие нормативные акты:

- закон о регулировании эмиссии парниковых газов;
- механизм распределения квот и стимулирования проектов по сокращению парниковых газов;
- порядок сертификации выбросов парниковых газов;
- создание системы мониторинга и учета парниковых газов;
- ежегодный кадастр выбросов парниковых выбросов.

Одним из основных источников выбросов CO₂ является черная металлургия. Если система мониторинга, учета выбросов вредных веществ (кроме CO₂) в атмосферу, оценка их воздействия на окружающую среду,

планирование и исполнение мероприятий по снижению этого воздействия действует достаточно давно, то подобную работу для парниковых газов предстоит выполнить.

Для металлургических комбинатов полного цикла, к которым относится ОАО «ЗСМК», основными источниками образования CO_2 являются процессы окисления углерода технологического и энергетического топлива.

В качестве технологического топлива используется:

1. Уголь для производства кокса.

В процессе переработки угля получается кокс, коксовый газ, продукты улавливания из коксового газа, промпродукт и углеродсодержащие отходы. Кокс различной фракции используется в собственном производстве и отгружается на сторону. Коксовый газ используется в собственном производстве, как энергетическое топливо. Промпродукт поставляется в качестве энергетического топлива на ПВС. Продукты улавливания из коксового газа отгружаются на сторону. Углеродсодержащий шлам перерабатывается на аглофабрике.

2. Уголь в шихте доменных печей и агломерационном производстве. Уголь для предварительного подогрева лома в кислородных конвертерах.

3. Кокс (различной фракции), который идет на производство агломерата, чугуна, стали.

В расчете учитывается:

- металлургический кокс, коксовые орешек и мелочь, используемые в агломерации, выплавке чугуна в доменной печи, выплавке стали в конвертерах и науглероживании стали в ковше;

- уголь, используемый в агломерации, выплавке чугуна в доменной печи и для предварительного подогрева лома в конвертерах.

- угольный шлам, используемый в агломерации.

В качестве энергетического топлива используется:

1. Коксовый и доменный газы собственного производства.

2. Природный газ.

3. Промпродукт, собственного производства и со стороны.

4. Уголь.

Жидкое топливо на нужды автомобильного и железнодорожного транспорта.

В расчете учитывается:

- коксовый газ, сжигаемый в собственном производстве;

- природный газ, поступающий на комбинат;

- уголь и промпродукт, сжигаемые на ПВС;

Карбонаты поступают на комбинат с известняком и необожженным доломитом. Обжиг известняка производится в цехе обжига извести.

В расчете не учитываются незначительные источники углерода:

- углеродистые ферросплавы на обработку и легирование стали;
- чугунный лом;
- графитированные электроды на электросталь в литейном цехе и агрегат печь-ковш в ККЦ-2;
- коксовая мелочь на стальное и чугунное литье;
- графит ГЛС-3 для ЦПС и смоломагнезитового цеха;
- угольная пыль для смоломагнезитового цеха и т.п.

Вклад этих источников принимается равным 1 % от основных.

Углерод после переработки в процессе производства уходит в виде:

- выбросов в виде CO₂;
- кокса на продажу для сторонних потребителей;
- продуктов улавливания из коксового газа на продажу для сторонних потребителей;
- коксового и доменного газов для сторонних потребителей;
- промпродукта на продажу для сторонних потребителей;
- выбросов в виде CO, которые контролируются природоохранной службой комбината и оплачиваются в виде природоохранных платежей;
- углерода в составе чушкового чугуна на продажу;
- углерода в составе готового проката на продажу;
- шламов, которые складываются в шламохранилище;
- графитовой спели и просыпи угля, кокса, которые собираются во время уборки и вывозятся в шлаковый отвал.

Таблица 1 – Структура источников углерода в выбросах CO₂ от производств ОАО «ЗСМК» (1990 – 2005 гг.)

Наименование источника поступления углерода	Доля источника, %
1. Кокс для выплавки чугуна	58 – 61 (59)
2. Кокс для получения агломерата	11 – 12,5 (11)
3. Кокс для выплавки стали	0,3 – 1,8 (1,5)
4. Уголь для выплавки стали	0,2 – 1,7 (1,5)
5. Уголь для выплавки чугуна	0 – 1,5 (1)
6. Промпродукт и уголь для паровоздуховной станции	1,1 – 1,9 (1,5)
7. Доломит	0 – 0,1 (0,1)
8. Известняк	2,2 – 2,5 (2,5)
9. Коксовый газ	10 – 11 (11)
10. Природный газ	10 – 12 (12)
11. Прочие	1,0 (1)

В базовом 1990 году, в отличие от 2000 – 2005 гг., на комбинат поступал жидкий чугун с КМК в передвижных миксерах в количестве 414000т/год, на производство которого расходовалось 220 тыс.т углерода и выбрасывалось в атмосферу ~800 тыс.т CO₂. В последующие годы поставка жидкого чугуна с КМК была прекращена, что привело к соответствующему увеличению удельных выбросов CO₂ на производство металлопродукции (таблица 2).

Таблица 2 – Выбросы CO₂ от производств ОАО «ЗСМК»

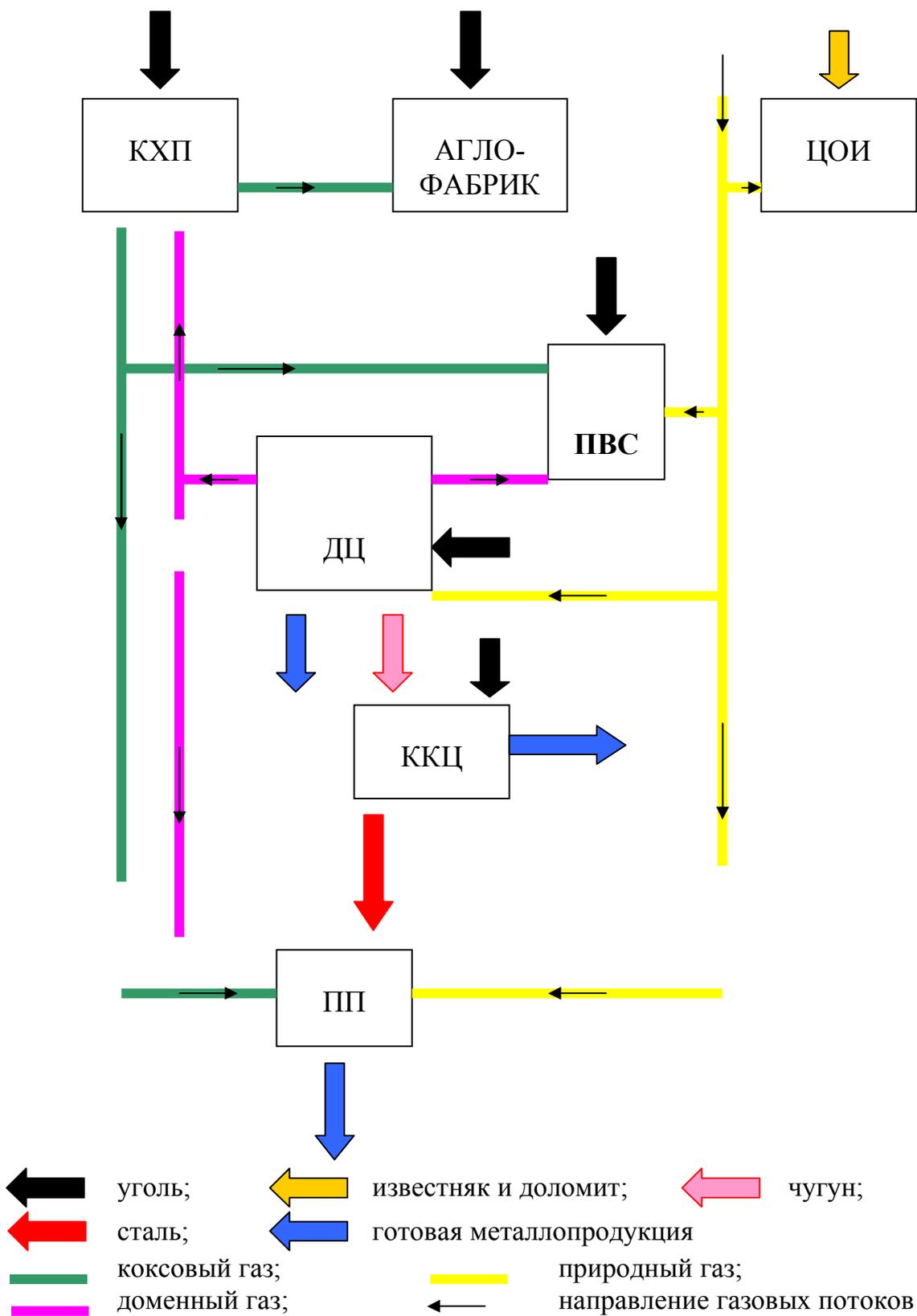
Год	Выпуск металлопродукции, т/год	Выброс CO ₂ от производств комбината, млн. т/год	Удельный выброс CO ₂ , кг/т металлопродукции
1990	6,574	12,083	1838
1995	4,273	9,728	2277
2000	4,775	10,778	2257
2004	5,039	10,567	2097
2005 (6 месяцев)	2,593	5,625	2169
2006 (прогноз)	6,0	11,992	1987

Из таблицы 2 следует, что сокращение производства в 1995 году на 35 % в сравнении с базовым 1990 годом привело к сокращению валовых выбросов на 20 %. При этом удельные выбросы CO₂ на единицу металлопродукции возросли на 24 %.

Постепенное увеличение производства металлопродукции, при тех же удельных выбросах CO₂ на единицу металлопродукции, привело бы к превышению базовых значений 1990 г. Сокращение выбросов удельных выбросов CO₂ можно было обеспечить только за счет технических мероприятий направленных на сокращение расхода углеродсодержащих энергоносителей на единицу продукции и реализации вторичных энергоносителей (коксовый и доменный газы, промпродукт) на сторону.

Основные технические мероприятия по снижению выбросов CO₂:

- совершенствование режима доменного дутья с увеличением степени использования окиси углерода и уменьшением расхода пара на увлажнение дутья;
- применение обогащенного кислородом дутья с увеличением расхода природного газа в доменной плавке;
- переход на концентраты с более высоким содержанием железа и ограничение по содержанию серы;
- сокращение степени восстановления кремния из неметаллической части шихты со снижением содержания кремния в получаемом чугуне;



КХП – коксохимическое производство; ЦОИ – цех обжига извести;
 ПВС – паро-воздуходувная станция; ДЦ – доменный цех;
 ККЦ – кислородно-конвертерные цехи; ПП – прокатное производство
 Рисунок 1 – Схема основных потоков углеродсодержащих материалов

- загрузка доменных печей на максимальную производительность;
- замена воздухонагревателей новыми, бесшахтными, с купольной горелкой с повышенной температурой дутья;
- подача воздуха охлаждения агломерата в зону спекания агломашиин;
- перевод агломашиин на технологию спекания агломерата в высоком слое;
- предварительный подогрев стального лома с увеличением его доли в металлошихте кислородных конвертеров;
- перевод сталеплавильного производства на непрерывную разливку стали;
- оптимизация схем подачи чугуна от доменных печей в конвертеры и др.

Реализации политики по снижению удельных расходов сырьевых и энергетических ресурсов, оптимизация технологической цепи производства от получения кокса до готового проката обеспечила в 2004 г. самую низкую удельную энергоёмкость проката среди металлургических предприятий полного цикла РФ. Выбросы CO₂ приблизились к выбросам базового 1990 г.

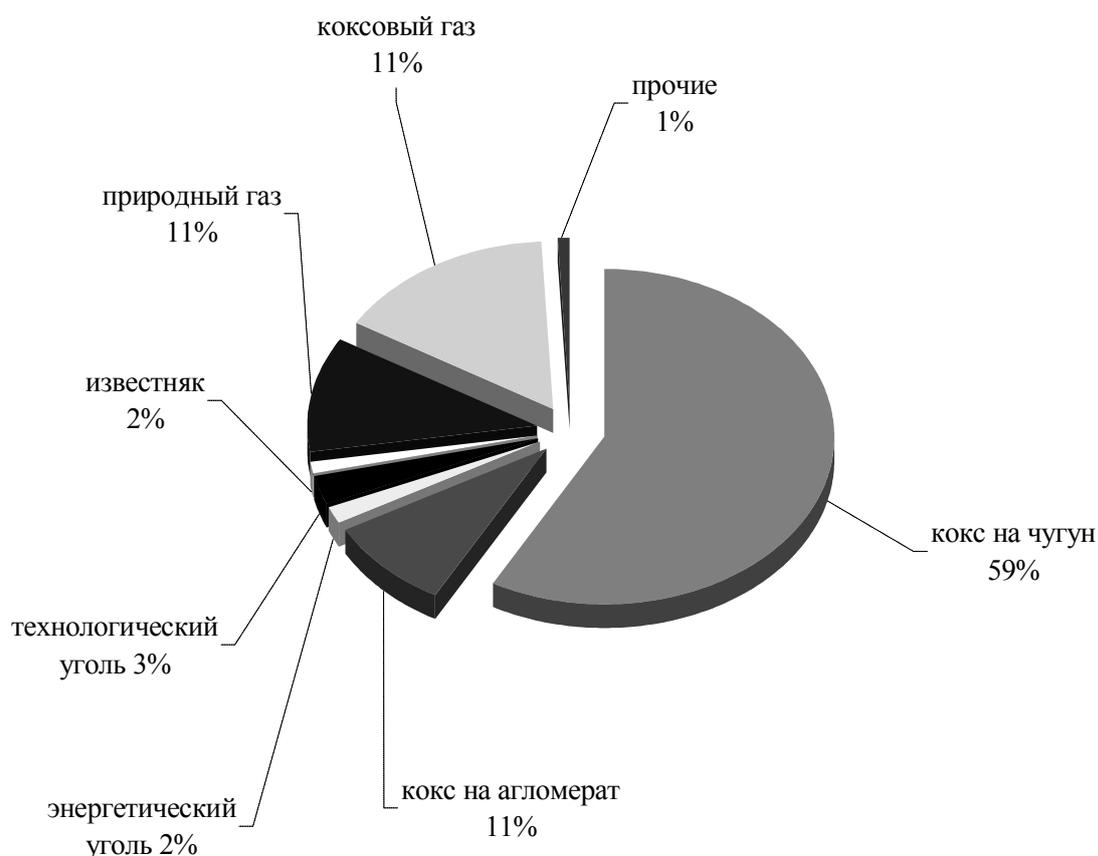


Рисунок 2 – Структура источников углерода в выбросах CO₂ от ОАО «ЗСМК»

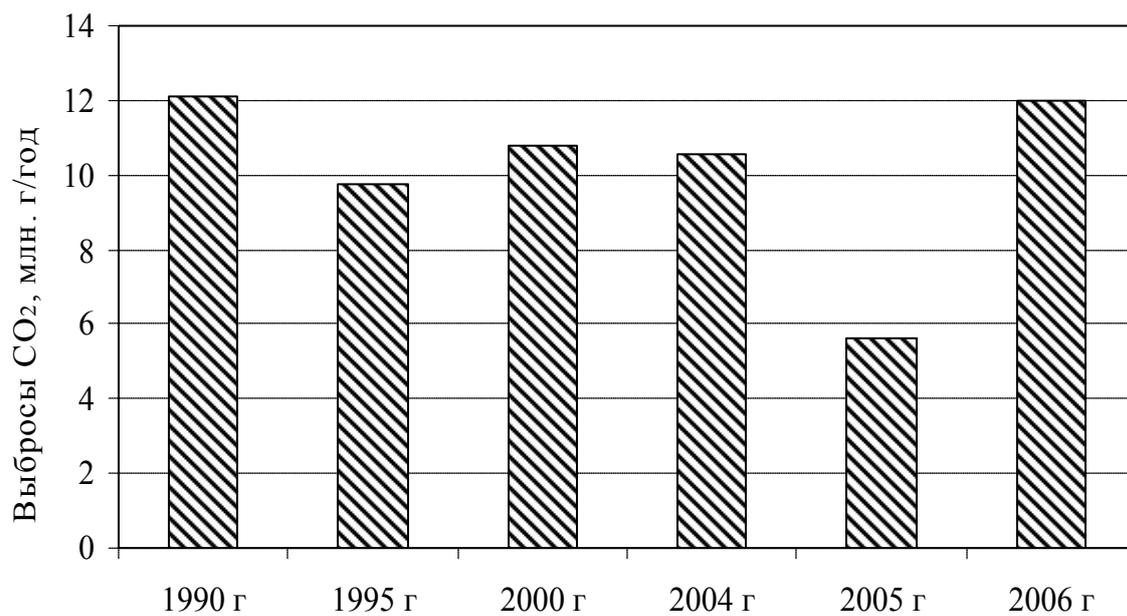


Рисунок 3 – Выбросы CO₂ от производств комбината

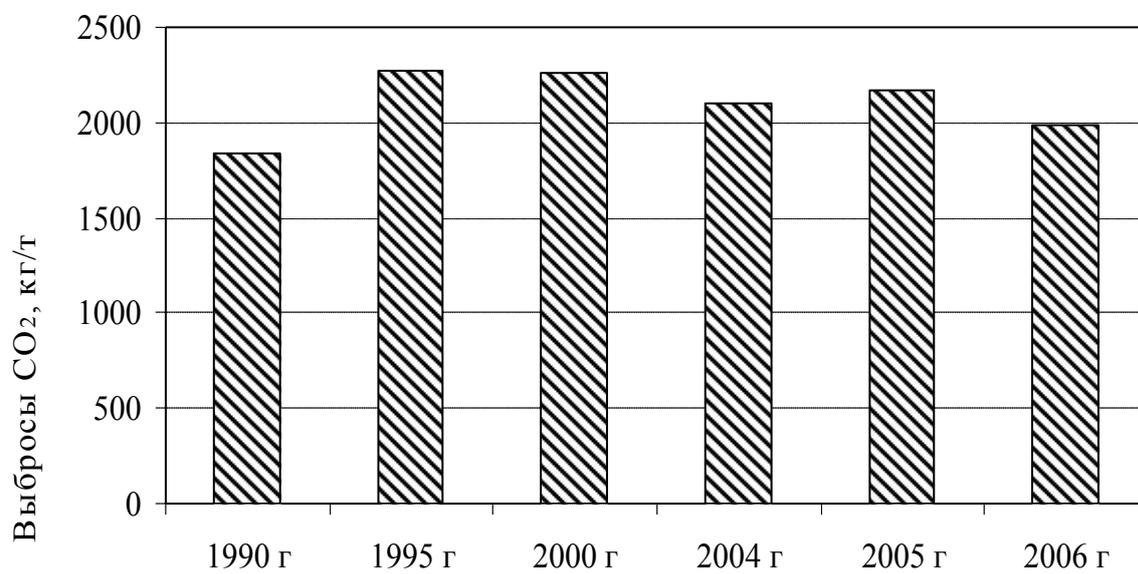


Рисунок 4 – Удельный выброс CO₂ от производств комбината

**ОТЛИВКА ВТУЛОК ДЛЯ НАСОСОВ ЖИДКОГО КИСЛОРОДА
ИЗ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОГО ЧУГУНА,
ВЫПЛАВЛЕННОГО ИЗ БОЯ ИЗЛОЖНИЦ**

**МАНТРОВА Е.В., ЛУБЯНОЙ Д.А., НОВИКОВ Н.И.,
КОЛЛЕРОВА Т.Н., ТРЕБИНСКАЯ В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат», НФИ КемГУ
г. Новокузнецк*

В настоящее время становится актуальным использование антифрикционных чугунов вместо бронзовых отливок для получения втулок для насосов жидкого кислорода. Это объясняется высокой стоимостью бронзовых изделий.

Чугун наилучшим образом удовлетворяет все возрастающим требованиям в получении необходимых механических свойств с облегчением веса деталей, и в стремлении применять металлы с хорошими литейными качествами.

Антифрикционные чугуны должны быть твердыми, чтобы истирание было малым, основная масса должна быть пластичной, но в ней желательно иметь твердые включения, которые при истирании принимают на себя давление. Практикой и экспериментами было установлено, что превосходные опорные трущиеся поверхности получаются из незакаленного серого чугуна, но он несколько хрупок, особенно при нагревании от трения. Ферритный серый чугун обладает невысокой износостойкостью и применяется в тех случаях, когда детали имеют невысокую твердость. Перлитный серый чугун обладает большей твердостью, и вследствие этого, он более износостойчив. Ферритный ковкий чугун обладает хорошей прирабатываемостью, высокой прочностью и вязкостью. Он лучше по своим свойствам, чем ферритный серый чугун, но износостойкость и твердость его незначительны.

Перлитный ковкий чугун обладает высокой твердостью, поэтому его труднее прирабатывать к другим деталям, чем ферритный ковкий чугун, и поэтому требует тщательной приработки перед пуском в эксплуатацию. Перлитно-ферритный ковкий чугун является значительно более износостойчивым, чем ферритный ковкий. Пригодность чугуна для трущихся поверхностей в значительной мере обуславливается присутствием в массе металла свободного углерода (графита), отчего металл по отношению к смазке становится до некоторой степени пористым. Графит является смазкой и одновременно впитывает смазку, понижая этим коэффициент трения. Пористость антифрикционных материалов, в том

числе и антифрикционного чугуна, обеспечивающая рациональный и полный теплообмен смазки путем просачивания масла через поры – необходимое качество хорошего антифрикционного сплава.

Антифрикционный чугун нашел широкое применение в подъемно-транспортных механизмах; паровых турбинах, насосах и компрессорах; в горнорудной и металлургической промышленности.

Наряду с другими пористыми сплавами, антифрикционный чугун может заменить металлокерамические антифрикционные материалы при изготовлении из них подшипников скольжения.

На ОАО «ЗСМК» разработана и внедряется ресурсосберегающая технология производства чугуна из отходов сталеплавильного, прокатного и коксохимического производства.

Шихтой в данной технологии является бой отработанных изложниц, обрезь прокатных цехов, отсеvy кокса. В качестве исходного материала берется заэвтектический доменный передельный чугун микролегированный титаном и ванадием или бой изложниц. При необходимости процесс перегрева металла совмещают с дополнительным науглероживанием чугуна коксиком. На выпуске из печи получают чугун следующего химического состава следующего химического состава: углерод 3,72 %; кремний 1,8 %; марганец 0,5 %; сера 0,012 %; фосфор 0,095%; хром 0,04 %; титан 0,05 % и ванадий 0,48 %. Структура чугуна с неравномерно распределенным пластинчатым графитом прямолинейной формы длиной от 30 мкм до 500 мкм, имеются колонии пластинчатого графита; металлическая основа перлитно-ферритная; перлит пластинчатый в количестве от 8 до 12 %.

Подготовка расплава производится в индукционных печах промышленной частоты ИЧТ–10М. Расплав перегревают до температуры 1490 °С и производят изотермическую выдержку в течение 10 минут. При необходимости процесс перегрева металла совмещают с дополнительным науглероживанием чугуна коксиком. После получения заданного химического состава чугуна в индукционной печи чугун выпускается в ковш. Оптимальная температура заливки чугуна определялась по формуле

$$T_3 = T_{\text{спел}} + X + (1,7 + 3,2)(\tau_1 + 1,3\tau_2),$$

где $T_{\text{спел}} = F(C, Si)$ – температура спелеобразования чугуна, °С; X – падение температуры металла при заливке форм, определяется экспериментально для каждого типа отливок, °С; $(1,7 + 3,2)$ – ход падения температуры металла в ковше, град./мин.; τ_1 – время транспортировки ковша до заливки, мин.; τ_2 – время заливки чугуна, мин.

Температуру начала спелеобразования выбирают исходя из химического состава чугуна по номограмме. Для получения чугуна с темпера-

турой заливки выше температуры спелеобразования необходимо учесть перепад температуры при сливе металла из печи в ковш и тем самым определить температуру выпуска чугуна из печи. Регрессионное уравнение, позволяющее определять температуру после выпуска металла в ковш при коэффициенте корреляции $K = 0,48$, имеет следующий вид:

$$T_{\text{м.к.}} = 0,6568T_{\text{печи}} + 1,981\tau + 0,526\tau^2 + 463,1,$$

где τ – время обработки ковша; $T_{\text{печи}}$ – температура металла в печи перед выпуском.

Для получения менее прочного чугуна для втулок необходимо заливать отливки при температурах ниже температуры спелеобразования. Однако выделяющаяся при этом спель будет являться смазкой. В структуре чугуна наблюдаются грубые спелеобразные формы графита. Прочность данного чугуна невысока. Если необходимо повысить прочность втулок, то заливать нужно при температурах выше спелеобразования, при этом прочностные свойства чугуна значительно повышаются, но необходимо предусмотреть мероприятия по подводу смазки в узел трения.

На прочностные свойства чугуна положительно сказывается микролегирование его титаном и ванадием, которые попадают в чугун из руды. На ОАО «ЗСМК» разработана технология выплавки чугуна в доменных печах с заданным содержанием ванадия и титана. По данной технологии получают чугун для производства изложниц из чугуна первой плавки. После эксплуатации данные изложницы разбиваются в копровом цехе и в виде боя изложниц используются в качестве шихты при выплавке чугуна в индукционных печах в литейном цехе.

После охлаждения отливки очищаются и направляются на механическую обработку. Необходимо учитывать, что охлаждение отливок надо вести возможно медленнее.

Исследованиями на РЭММА-202 было установлено, что титан и ванадий ликвируют в фосфидную эвтектику, тем самым, замедляя ее распад при трении. Было отмечено, что в процессе расплавления боя изложниц ванадий угарает незначительно, не более 10 %, более значительно угарает титан, до 30 % от исходного содержания. После переплава в индукционных печах содержание в чугуне титана и ванадия достаточное для получения втулок с заданными свойствами. Данные втулки используются на ОАО «ЗСМК» в насосах жидкого кислорода.

Анализ микроструктуры чугуна втулок после их эксплуатации по ГОСТу 3443-87 показал, что графит в чугуне крупный, спелеобразный. Основа чугуна в основном ферритная с содержанием феррита 94 – 100 %. Данный чугун мягок и практически не изнашивает стальные детали насоса, находящиеся в паре с чугуном.

Срок эксплуатации втулок составляет не менее шести месяцев.

При переходе с бронзы на антифрикционный чугун необходимо обеспечить надлежащую механическую обработку, зазоры и тщательность монтажа. Кроме того, надо учитывать такие элементы режима эксплуатации, как удельное давление, условия смазки, состояние сопряженной детали.

Изготовление данных втулок по указанной технологии не вызывает технических затруднений и позволяет исключить термическую обработку втулок.

Таким образом, можно констатировать, что используемая ресурсосберегающая технология производства чугуна из отходов, сталеплавильного, прокатного и коксохимического производства эффективна. Изделия, изготовленные по данной технологии, обладают благоприятной ферритной структурой. Как показали эксплуатационные испытания, они могут быть не только хорошим заменителем бронзовых втулок, но и втулок, изготовленных методами порошковой металлургии.

Необходимо отметить, что для повышения эффективности технологии и эксплуатационной стойкости изделий отрабатываются способы модифицирования данного чугуна присадкой кремний-магниевого лигатуры ФСМГ. Обработка данной лигатурой лишь незначительно увеличивает выбросы при сливе металла в ковш. Пироэффект при данной обработке незначителен.

Данная обработка позволяет значительно повысить прочностные свойства чугуна и эксплуатационные показатели втулок, изготовленных из него.

Данная технология эффективна для металлургии, машиностроения и других смежных производств.

Библиографический список

1. Меркулов Е.Ф., Антифрикционные пористые сплавы. М: Машгиз, 1960 г.
2. ГОСТ 3443–87. Отливки из чугуна с различной формой графита

УДК 669-154.046:533.737

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ В КПЦ ЗА СЧЁТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОТИВОФЛОКЕННОЙ ОБРАБОТКИ ИСХОДЯ ИЗ НАЧАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРОДА

Кокшаров Ю.М., Лубяной Д.А., Софрошенков А.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

На ОАО «ЗСМК» в КПЦ производят противоблоксенную обработку поковок, которая состоит из длительного нагрева (несколько суток).

Проблема флокенов в стали для металлургов и металловедов до

настоящего времени является одной из актуальнейших. Длительные наблюдения за процессом получения стали привели к выводу, что этот дефект может быть связан с высокой газонасыщенностью металла, особенно водородом. Е.С. Товпенец [1] отмечает, что, несмотря на множество гипотез образования флокенов, можно выделить три основных фактора, способствующих этому явлению: наличие водорода в стали и неравномерность его распределения, действие растягивающих напряжений, повышенная хрупкость стали в локальных объёмах. Примечателен вывод А.Н. Гавришина [2] после проведения газового анализа образцов литой стали о том, что решающей роли при образовании флокенов абсолютное содержание водорода не играет, так как флокены образуются только в местах его сегрегаций, а возникновение последних одинаково возможно при любых условиях плавки. Ю.В. Грдина и Л.Б. Крепышева выдвинули «метанную» теорию образования флокенов: они предположили, что водород, находящийся в микротрещинах, обезуглероживает их стенки с образованием метана, давление которого достигает значительно больших величин, чем молекулярного водорода, а это приводит к местному разрушению с образованием зародышей флокенов. Анализ разнообразной информации говорит о том, что единого механизма флокенообразования пока не выявлено и, вероятно, его быть не должно. В зависимости от конкретных условий (состава и структуры сталей) механизм флокенообразования может быть различным. [3]

Многочисленные проводимые в этой области исследования свидетельствуют о том, что в теле слитка большая объёмная доля принадлежит водороду. Однако некоторые разработки А.В. Вишнякова и В.И. Андреева заставляют задуматься над степенью участия во флокенообразовании других газов: проведённые исследования, описанные в работах, свидетельствуют о том, что в закрытой усадочной раковине стального слитка вместе с водородом присутствует и значительное количество азота. Работа А.В. Вишнякова и В.И. Андреева состояла в основном в изучении влияния газов в закрытой усадочной раковине на её сваривание в процессековки и прокатки. Интересно рассмотреть при этом поведение не только водорода, но и азота в микропорах стального слитка, проводя аналогии с закрытой усадочной раковиной.

Оценим на основании закона Менделеева-Клайперона массы водорода и азота в микропорах холодного стального слитка, находим $PV = (m/u) \cdot RT$, здесь P, V и m – давление, объём и масса газа; u – молярная масса газа, причём $u_N = 0,028$ кг/моль и $u_H = 0,002$ кг/моль; R и T – универсальная газовая постоянная и температура газа.

Найдём отношение S масс азота и водорода

$$S = m_N/m_H = V_N u_N/V_H u_H,$$

здесь V_N и V_H – объёмное содержание соответствующего газа в микропоре холодного стального слитка, %.

Подставляя значения $V_N = 19,3$ %; $V_H = 70$ %, получаем $S = 3,86$. В соответствии $V_N = 10$ %, $V_H = 88$ %, следовательно, в этом случае $S = 1,59$. Таким образом, $S > 1,0$ в обоих случаях. Это позволяет говорить о том, что основным газом, заполняющим усадочную раковину холодного слитка, а как следствие, и его поры, является азот.

Далее подсчитаем величину $qN = m/F$ – массу азота, приходящуюся на единицу площади F поверхности раковины горячего стального слитка. Считается, что $F = 0,66 \text{ м}^2$ для слитка массой 11 т. Определим массу газа в раковине слитка согласно формуле (1):

$$m = P_N V_p / RT; \quad (1)$$

здесь P_N и V_p – давление азота в раковине и её объём; принято, что $V_p = 0,0336 \text{ м}^2$ для слитка массой 11 т.

По уравнению Сивертса находим, что

$$P_N = ([N]_{\text{ТВ}}/K_N)^2, \quad (2)$$

где $[N]_{\text{ТВ}}$ и K_N – растворимость азота в твёрдой фазе при кристаллизации и константа растворимости.

Чтобы определить $[N]_{\text{ТВ}}$, использовали методику подхода авторов работы [6], предназначенную для водорода. Пузыри азота могут образовываться и в жидком металле, если содержание этого газа превышает его растворимость при температуре кристаллизации. В соответствии с работами Морозова А.Н. и Лакомского В.И.

$$[N]_{\text{ТВ}} = 0,29 [N]_{\text{Ж}},$$

где $[N]_{\text{Ж}}$ – растворимость азота в жидкой фазе при температуре кристаллизации.

В соответствии с теми же работами [6, 7], $[N]_{\text{Ж}} = 0,044$ %, тогда $[N]_{\text{ТВ}}$ составляет 0,0128 %.

Константа растворимости азота рассчитывается по формуле:

$$K_N = [N] / \sqrt{P^* N},$$

где $[N]$ – равновесная концентрация азота (наихудший предельный случай);

P^*_N – давление азота в пузыре.

Подставляем значения $[N] = 0,022$ % для $T = 1523\text{К}$ и значение $P^*_N = 1 \text{ атм.} = 1,013 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$, получим $K_N = 6,912 \times 10^5 \text{ \% / Па}^{1/2}$.

Результаты расчёта массы азота, приходящейся на единицу площади поверхности раковины горячего стального слитка (qN), приведены ниже:

T, К	1473	1523	1573
qN, кг/м ²	3,80×10 ⁻³	3,82×10 ⁻³	3,86×10 ⁻³

В работе Вишнякова В.И. при 1523 К была найдена величина qH – масса водорода, приходящаяся на единицу площади поверхности раковины. Эта величина составляет 8,48×10⁻⁴ кг/м². Сравнение значений qN и qH свидетельствует о том, что и в горячем стальном слитке основную массу газа составляет азот.

Зная, что коэффициент диффузии азота значительно меньше, чем водорода, и что масса азота больше массы водорода, можно предположить, что азот будет диффундировать медленнее, чем водород. Способность выделения азота из раковины рассмотрим аналитически по методике, приведённой в работе Л.Н. Розанова.

Пусть qN – количество газа в раковине, приходящееся на единицу её поверхности, а q'N – количество газа, уходящее через единицу площади поверхности раковины. Если q'N = qN, то весь газ за некоторое время t уйдёт из раковины и не будет препятствовать её свариванию (рисунок 1).

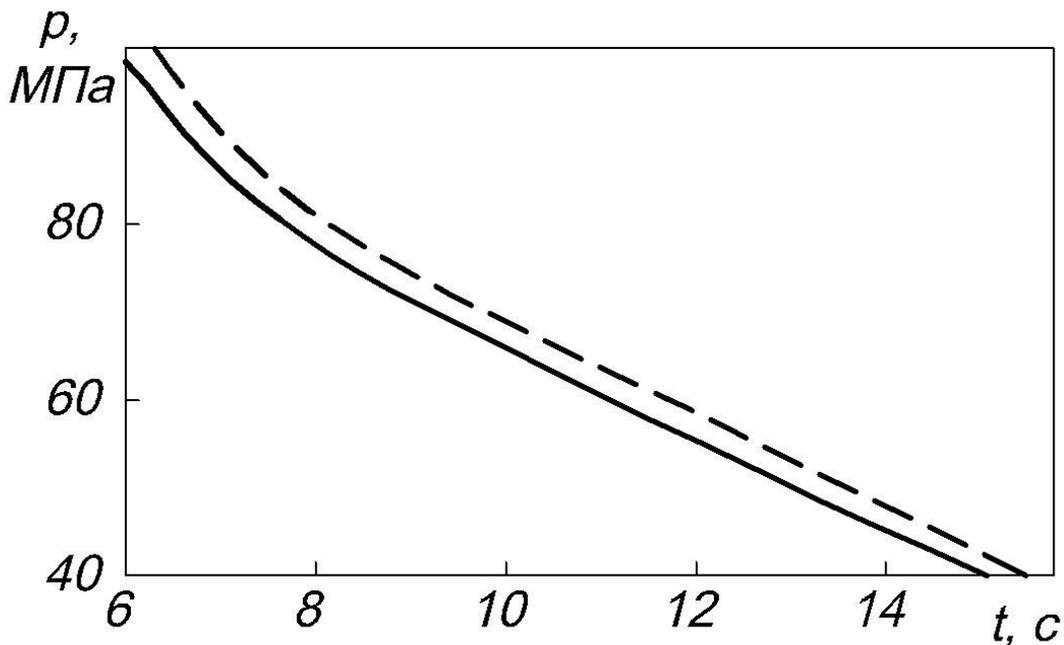
Значение qN = 3,82×10⁻³ кг/м² нам известно (см. выше приведённые данные), а величину qN определим по методике Л.Н. Розанова, рассматривающей процесс нестационарной диффузии газа, сопровождающимся его поглощением. Ограничимся рассмотрением случая, когда массообмен происходит лишь в поверхностном слое раковины, толщина которого значительно меньше общей толщины слитка, при этом последний можно считать полубесконечным телом. Найдём время, необходимое для диффузии газов при определенных давлении и температуре, по уравнению $t = \pi (qN)^2 / 4C_1^2 C_N^2 D_N$, в котором qN = 3,82×10⁻³ кг/м² для T = 1523 К; C₁ – концентрация азота на поверхности усадочной раковины при деформации, при этом C₁ = 10⁻² ρ_м K_N √P_N ρ_м = 7800 кг/м³ – плотность металла; K_N = 6,912×10⁻⁵ %/Па^{1/2}; P_N = g_в – давление газа в раковине в процессе еёковки или прокатки; g_в – предел прочности металла при пластической деформации; C_N – исходная концентрация азота в слитке; D_N – коэффициент диффузии азота в стали.

Исходная концентрация азота в стальном слитке составляет C_N = ρ_м [N]_{ТВ}/100 = 0,998 кг/м³, а в соответствии данным работы [4] коэффициент диффузии азота в стали при T = 1523 К составляет D_N = 6,82×10⁻¹⁰ м²/с.

Выполним аналогичные расчёты для водорода, используя следующие данные: qH = 8,48×10⁻⁴ кг/м², K_H = 2,283×10⁻⁶ %/Па^{1/2}; C_H = 0,05426 кг/м³, D_H = 3×10⁻⁸ м²/с.

Результаты расчётов представлены на рисунке 1, из которого вид-

но, что при определённом давлении азот благодаря большей растворимости в железе диффундирует быстрее, чем водород.



--- для азота при $C_N = 0,998 \text{ кг/м}^2$; — для водорода при $C_N = 7,85 \text{ см}^3/100 \text{ г металла}$

Рисунок 1 – Соотношение между давлением газа на стенки поры и временем, необходимым для полного удаления газов из полости в металл путем диффузии

После сваривания раковины газ скапливается в её поверхностном слое. Расчёты по формуле (2) показывают, что в случае деформации металла при давлении 100 МПа концентрация газа достигает значительной величины и составляет $C_N = 255 \text{ см}^3/100 \text{ г металла}$, $C_N = 0,691 \%$. При таких концентрациях возможно образование флокенов, поэтому оценим дальнейшее растворение газов в процессе термической обработки поковок.

Концентрация C газа после определенной температурной выдержки t определим для непостоянного источника диффузии в одном измерении по уравнению Фика: $C(x,t) = q \sqrt{Dt} / 2 \exp(-X^2/4Dt)$, в котором x – текущая координата.

При расчётах использовали приведённые выше значения q для азота и водорода при температуре 1523 К и взятые из работы Вишнякова В.И. при температуре 640 °С значения $D_N = 2,3296 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ и $D_H = 2,0120 \times 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$. Результаты расчётов представлены на рисунке 2 и показывают, что для рассасывания водорода и достижений приемлемых его

концентраций достаточно выдержка 80 мин. Для растворения азота из-за его большего, чем водорода, количества и меньшей диффузионной способности требуется значительно больше времени. Необходимо отметить, что при небольшой (300 с) выдержке на концентрационных кривых распределение азота в месте заваривания усадочной раковины имеет характерно резко выраженный максимум; при продолжительной выдержке максимум уменьшается, а азотом обогащается зона, прилегающая к усадочной раковине на расстоянии 1 мм. Анализируя кривые концентрационного распределения азота в прилегающих к раковине зонах для каждого фиксированного времени выдержки, приходим к следующему выводу: для рассасывания азота в зонах, прилегающих к усадочной раковине, достаточно 4 – 5 ч, что значительно меньше времени выдержки при режимах противоблоксенной термической обработки поковок.

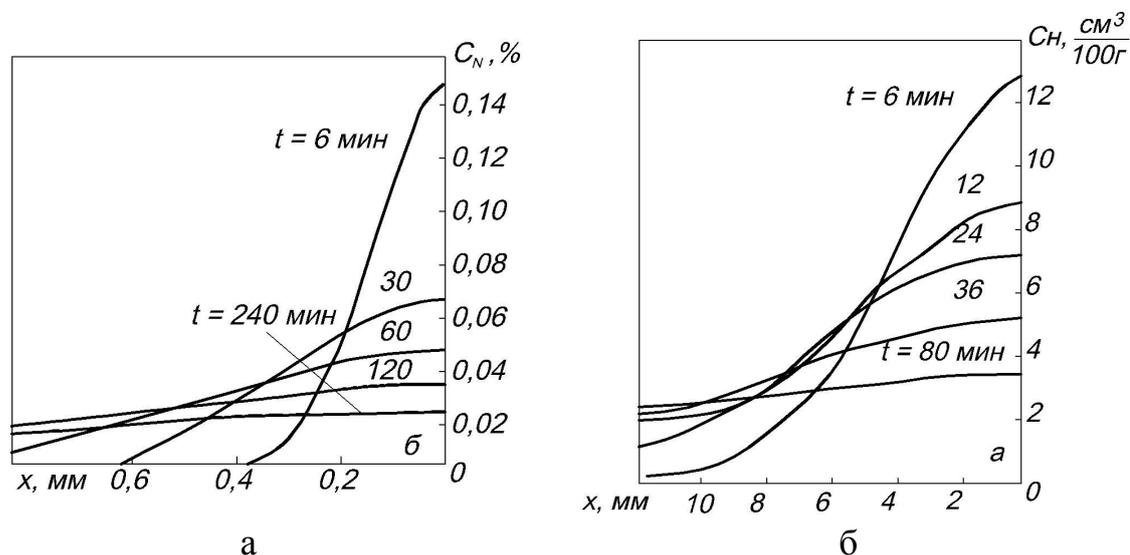


Рисунок 2 – Концентрация водорода (а) и азота (б) в зоне, прилегающей к микропоре, температура выдержки 640°C

Из всего вышесказанного следует, что можно значительно уменьшить время на противоблоксенной обработки в КПП. Уменьшая время противоблоксенной обработки, мы тем самым уменьшаем количество сгораемого природного газа и соответственно количество вредных выбросов. Для проведения противоблоксенной обработки в среднем на садку массой 20 тонн расходуется 2640 куб. м природного газа. Сократив время противоблоксенной обработки, мы сократим расход природного газа примерно в 1,5 – 2 раза!

Библиографический список

1. Товпенец Е.С., Брусиловский Б.А. // Изв. вуз. Чёрная металлургия. 1972. № 7. С. 141.
2. Гавришин А.Н. // Литейное производство. 1976. № 2. С. 21 – 22.
3. Шаповалов В.И., Трофименко В.В. Флокены и контроль водорода в стали. – М.: Металлургия, 1987. – 265 с.
4. Коломеец В.Т., Тарасокв М.И., Хитрик С.И., Рабинович А.В. // Металлургия и коксохимия: Республиканский межведомственный научно-технический сборник Министерства высшего и среднеспециального образования УССР. 1980. № 9. С. 43 – 46.

УДК 519.876.5:669.04

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГАРНИСАЖНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА

ОГНЁВ А.М., ЦЫМБАЛ В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Использование высокотемпературных огнеупорных материалов не всегда позволяет полностью защитить конструкцию ряда металлургических агрегатов. Через определенный промежуток времени приходится останавливать технологический процесс для очередного ремонта футеровки. Кроме того «размывание футеровки» может изменять химический состав шлака и даже готовой стали.

Одним из приемлемых способов защиты является принудительное формирование гарнисажного слоя [1]. Это достигается путем интенсивного отвода тепла от перегреваемых конструкций, контактирующих с термоагрессивными средами. В результате чего происходит «намораживание» защитного слоя, называемого гарнисажем.

В традиционной металлургии в системах охлаждения (кроме испарительного охлаждения) используется обычная водопроводная вода. При этом в связи с опасностью образования накипи температура отходящей воды не должна превышать 40 – 45 °С, а перепад температур между входящей и выходящей водой составляет 20 – 25 °С.

При использовании циркуляционного охлаждения с химочищенной водой перепад температур может достигать до 60°С. Например, температура входящей воды может составлять 70°С, а выходящей – 130°С. В зависимости от тепловых потерь в теплообменнике можно использовать 70 – 90 % тепла в виде готовой к использованию «товарной» воды с температурой 90 – 95 °С.

Обобщенная схема математических моделей гарнисажного охлаждения с утилизацией тепла представлена на рисунке 1.

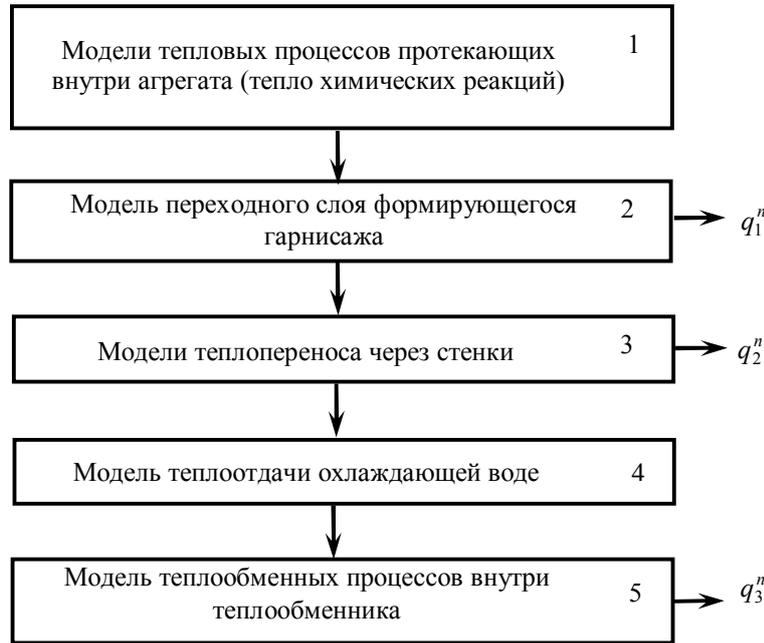


Рисунок 1 – Обобщенная схема моделирования гарнисажного охлаждения

Первый блок моделей связан с расчетом тепла выделяемого химическими реакциями. В упрощенной постановке можно задаться температурой рабочей среды (T_{cp}) и коэффициентом теплоотдачи (α_{cp}). В более сложной постановке решается задача динамического «омывания» стенок агрегата, т.е. блок моделей, состоящий из уравнений Навье-Стокса, уравнения неразрывности для определения гидродинамических сил, гидродинамического пограничного слоя

$$\begin{cases} u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = U \frac{\partial U}{\partial x} + v \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

и уравнения энергии для определения теплового пограничного слоя δ_1 (см. рисунок 2):

$$\bar{w} \operatorname{grad} \left(T + \frac{w^2}{2 c_p} \right) = a \nabla^2 \left(T + \operatorname{Pr} \frac{w^2}{2 c_p} \right). \quad (2)$$

Второй блок представляет собой решение задачи Стефана. Здесь

определяется толщина полужатвердевшего расплава δ_2 и толщина переходного слоя δ_3 (рисунок 2). Данную модель можно представить в виде [2, 3]

$$\rho \tilde{n} \frac{\partial \dot{O}}{\partial t} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad } T) + F(x, y, z, t) \quad (3)$$

где функция $F(x, y, z, t)$ характеризует пространственно распределенный источник тепла фазового перехода, прямо пропорциональный скорости затвердевания расплава и зависящий от свойств сплава (в частности, от удельной теплоты фазового перехода и интервала кристаллизации ($T_{\text{лик}} - T_{\text{сол}}$)). Таким образом, тепловые потери q_1^i , связанные с формированием гарнисажа будут складываться из потерь потраченных на фазовый переход и на химические превращения (например, восстановление железа из оксидов).

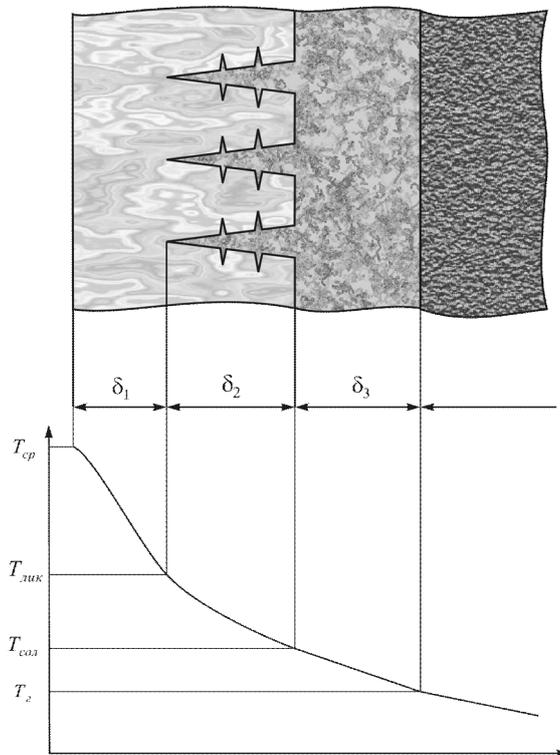


Рисунок 2 – Схема распределения температуры по сечению затвердевающего гарнисажа

Гарнисажный слой можно разделить на три составляющие [1] (рисунок 3): 1 – слой огнеупорной кладки (магнезит); 2 – слой плотного гарнисажа с низким газосодержанием (образуется из 3-го слоя за счет термоструктурной стабилизации); 3 – переходный слой, газосодержание которого зависит от типа процесса протекающего в агрегате. Процессы теплопередачи внутри каждого слоя можно представить уравнением

$$\rho \dot{n} \frac{\partial \dot{Q}}{\partial t} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad } T). \quad (4)$$

На стыке двух материалов

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x}. \quad (5)$$

Здесь возможны тепловые потери через кожух Q_2^i , которые можно рассчитать по формуле

$$-\lambda_{\text{ст}} \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_{\text{ст}} (t_{\text{ст}} - t_{\text{ср}}), \quad (6)$$

где индекс ст – стенки, ср – среды (воздуха).

Модель четвертого блока описывается следующим уравнением

$$-\lambda_{\text{тр}} \frac{\partial T}{\partial x} = k_{\text{эф}} \alpha (t_{\text{тр}} - t_{\text{ат}}),$$

где индекс тр – трубы, а $k_{\text{эф}}$ – коэффициент эффективного использования, который зависит от шага змеевика h и диаметра труб d_2 (рисунок 3).

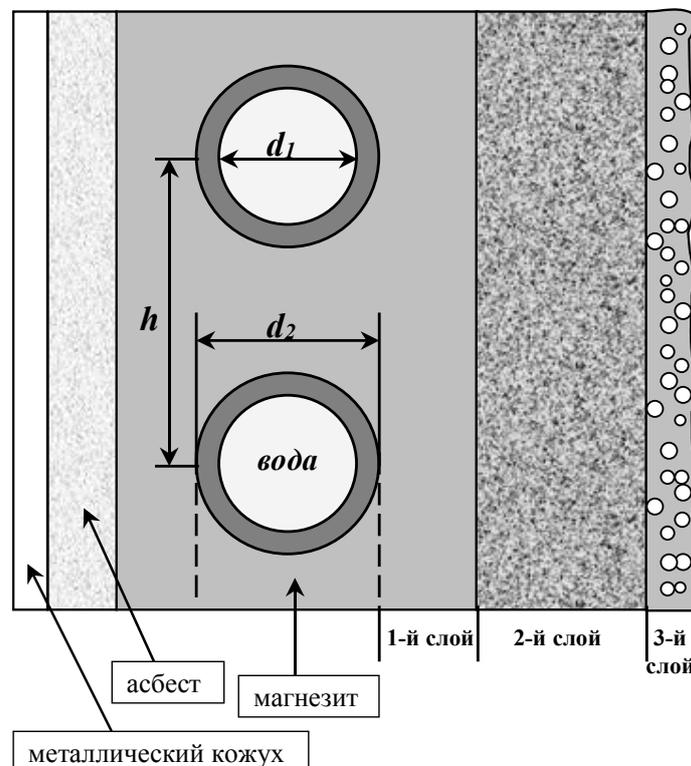


Рисунок 3 – Разрез элементарного участка стенки

Общая гидравлическая схема с использованием теплообменников условно представлена на рисунке 4. В данной схеме представлены параллельно соединенные змеевиковые конструкции последовательно подключенные к нагнетающему насосу и контуру теплообменников.

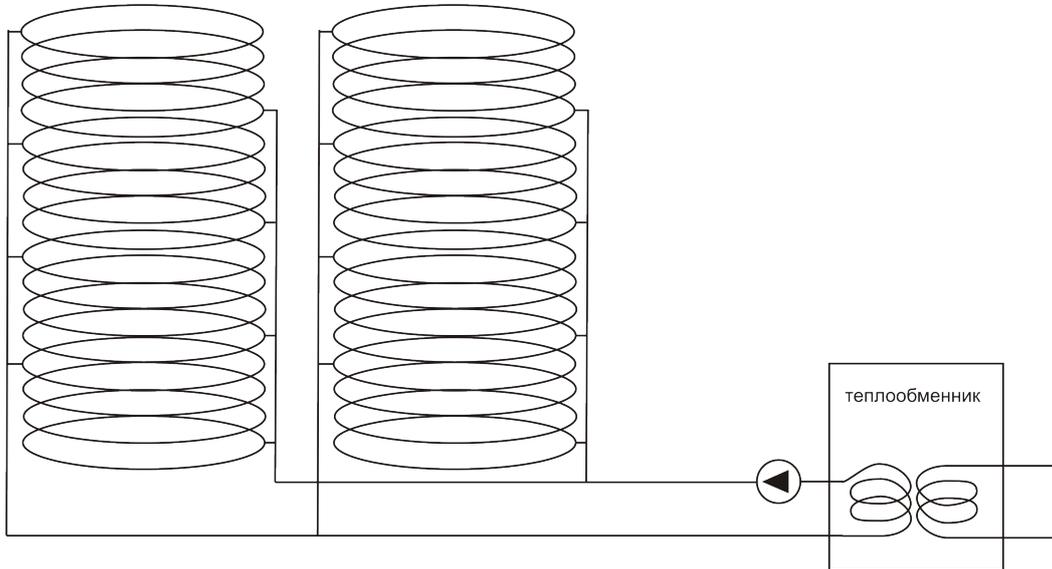


Рисунок 4 – Схема гидравлической сети гарнисажного охлаждения с утилизацией тепла

Поток утилизируемого тепла при такой схеме (шестой блок) можно представить в общем виде

$$q_{\text{эпн}} = q_{\text{ааѳ}} - q_3^{\text{і}}$$

где $q_{\text{агр}}$ – тепло полученное в результате охлаждения агрегата; $q_{\text{исп}}$ – полезное тепло, предназначенное для использования; $q_3^{\text{і}} = (1 - k) q_{\text{агр}}$ – тепловые потери в теплообменнике; k – коэффициент полезного использования тепла, зависит от типа теплообменника.

Достоинства использования гарнисажного охлаждения

- экономия огнеупорных материалов;
- уменьшение возможности влияния гарнисажа на состав рабочей смеси;
- наиболее полное использование тепла (снижается расход тепла через кожух);
- получение «товарной» воды.

В заключение, следует заметить, что реализация этой задачи переходит в область информационных технологий, поскольку для надежного функционирования гарнисажного охлаждения требуется создание автоматизированной системы его контроля и диагностики.

Библиографический список

1. Модельные исследования и расчеты параметров гарнисажного слоя применительно к струйно-эмульсионному металлургическому реактору / С.Н. Калашников, В.П. Цымбал, Л.Г. Казакова и др. // Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии: Тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2001. – С. 221 – 227.
2. Тепловые процессы при непрерывном литье стали. Ю.А. Самойлович, С.А. Крулевецкий, С.А. Горяинов, З.К. Кабаков. – М.: Металлургия, 1982.
3. А.И. Цаплин. Теплофизика внешних воздействий при кристаллизации стальных слитков. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1995. 238 с.

УДК 628.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АГЛОМЕРАТА

Коротков С.Г., Стерлигов В.В., Волынкина Е.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Одним из основных направлений в решении экологических проблем металлургии является сокращение вредных выбросов путем совершенствования технологии и оборудования на действующих предприятиях. Агломерационный процесс характеризуется большими объемами отходящих в атмосферу газов, которые, кроме пыли, содержат сернистый ангидрид, окись углерода и окислы азота. Причинами высоких выбросов являются: низкая эффективность работы пылеочистных устройств; отсутствие очистки газов от вредных веществ; отсутствие схем рециркуляции на агломашине; изношенность оборудования и высокая топливопотребление в связи с плохой работой средств измельчения и классификации топлива. На аглофабриках количество вредных веществ (на 1 т агломерата) составляет, кг: 6,2 – 65,7 CO; 0,09 – 21,0 SO₂; 0,082 – 0,87 NO_x [1].

Сокращение выбросов в атмосферу объема технологического газа и пыли на 15 – 20 % достигается при рециркуляции аглогаса, отбираемого из тракта за нагнетателем и подаваемого в слой за горном. При этом изменяется состав выбросов: уменьшается содержание окиси углерода и кислорода, увеличивается концентрация паров воды и двуокиси углерода.

Содержание паров воды в рециркулянте способствует уменьше-

нию химического недожога при горении твердого топлива и выхода CO на 20 – 40 %. Уменьшение химического недожога с учетом физического тепла рециркулянта при температуре 100 °C и тепла от окисления CO до CO₂ в верхней части зоны горения обеспечат сокращение расхода твердого топлива.

Пониженная по сравнению с воздухом концентрация кислорода в рециркулянте может привести к уменьшению скорости спекания. Необходимая концентрация кислорода в рециркулянте регулируется величиной его объема.

Особое значение имеет рециркуляция для агломашин, оборудованных очисткой газа от серы. В связи с большим объемом на очистку от серы попадает примерно половина газа, а вторая половина выбрасывается в дымовую трубу без очистки. Часть газа из боровой дымовой трубы можно вернуть на агломашину в качестве рециркулянта.

Организация рециркуляции не требует больших затрат. При этом агломашину оборудуют укрытием для раздачи рециркулянта, подводятся трубопроводы со средствами КИП и автоматики и устанавливается дымосос на каждую агломашину индивидуально или на группу машин.

Реализация рециркуляции позволит уменьшить расход твердого топлива в шихту на 5 – 9 %, сократить выбросы в атмосферу пыли, окислов азота и CO соответственно на 15 – 25, и 32 – 48 % [1].

При охлаждении спека на ленте потери тепла с воздухом составляют около 15 МДж/с. При высоком уровне герметичности газоотводящего тракта зоны охлаждения в воздухе после дымососа при температуре до 220 °C содержание кислорода составляет 20 – 21 %; при этом воздух в количестве 50 м³/с можно использовать для утилизации [1]. При охлаждении спека на охладителе с воздухом теряется 55 – 60 МДж/с, 65 – 75 % тепла, поступающего на охладитель со спеком. Средняя температура воздуха, отходящего из слоя (105 – 110 м³/с) составляет 290 – 300 °C, содержание кислорода – 20 – 21 %.

Нагретый при охлаждении агломерата воздух целесообразно использовать для подачи в зажигательный горн и в слой шихты за горном на 40 % площади спекания агломашины. Экономия газообразного топлива эквивалентна физическому теплу нагретого воздуха, подаваемого в горн. Рост температуры воздуха приводит к увеличению концентрации кислорода в горне, что сопровождается снижением расхода твердого топлива в шихту, повышением прочности агломерата и производительности агломашины. На низкокалорийном газообразном топливе по сравнению с высококалорийным эффект от увеличения температуры воздуха в горне выше в связи с меньшим значением начальной концентрации кислорода и большой величиной ее прироста. Подача нагретого воздуха в слой за горном приводит к росту уровня и продолжительности пребыва-

ния материала при максимальной температуре, снижению расхода твердого топлива в шихту и увеличению прочности агломерата.

Использование тепла охлаждения агломерата в технологических целях способствует сокращению расхода газообразного и твердого топлива соответственно на 20 – 25 и 4 – 5 %, увеличению прочности агломерата на 1 – 2 % и производительности агломашины на 2 – 3 %.

Другим путем снижения вредных выбросов при спекании агломерата является применение технологии агломерации с высоконагретыми шихтами. В работе [2] проведены опыты по спеканию холодной и предварительно нагретой до 850 °С шихты. Установлено, что в отходящих газах содержание монооксида углерода СО находится на уровне от 3,8 до 8,5 % (содержание твердого топлива – 3 %), тогда как по обычной технологии с содержанием коксовой мелочи до 6 % уровень СО достигал от 3,5 до 20,5 %. Производство одной тонны агломерата по технологии спекания агломерата из высоконагретых шихт и по обычной сопровождается выбросом СО в атмосферу в количестве соответственно 6,0 и 28,0 м³, выбросы сокращаются в 4,5 раза.

Решение проблемы создания экологически чистого агломерационного производства, полностью исключая выбросы аглогазов в атмосферу, возможно при использовании в качестве дутья доменных печей отходящих агломерационных газов [3]. Для этого требуется дополнительная очистка нересциркулируемой части аглогазов от пыли до уровня, отвечающего требованиям очистки воздуха для воздуходувных машин доменных печей, удаление углекислоты и паров воды, обогащение аглогазов кислородом до уровня, определяемого требуемыми технологическими условиями доменной плавки.

Количество продуктов горения, и соответственно вредных выбросов, может быть существенно уменьшено в результате проведения ряда мероприятий (разработанных совместно СибГИУ и ОАО «ЗСМК») и, прежде всего, перевода системы отопления зажигательных горнов агломашин с прямооточных горелок на плоскопламенные, которые обеспечивают организацию косвенного радиационного теплообмена. Разработанный проект с установкой на трех зонах горна 24 плоскопламенных горелок малой производительности позволяет добиться высокой равномерности нагрева и зажигания шихты по ширине аглоленты. При этом экономия газообразного топлива с улучшением полноты сгорания приводит к сокращению общего объема дымовых газов и уменьшению содержания СО.

Другой мерой улучшающей экологические показатели агломашин, является установка за зажигательным горном радиационного теплообменника. Его конструкция позволяет использовать лучистую энергию с поверхности спеченного материала для подогрева воздуха, необходи-

мого для горелок [4]. Физическое тепло, вносимое с воздухом, также способствует уменьшению удельного расхода топлива и выхода газовых выбросов. Кроме того, с помощью теплообменника можно предотвратить резкое переохлаждение агломерата по выходе из горна, образование корочки, которая вследствие возникающих термических напряжений рассыпается с образованием большого количества мелочи, переходящей в пыль дымовых газов, и возврат агломерата.

Испытания «горячей» модели теплообменника показали. Что воздух нагревается до 300 °С. При этом экономится 2,220 МВт тепла и, следовательно, можно уменьшить расход коксового газа (в условиях ЗСМК) вводимого для зажигания шихты на 0,133 м³/с. Это соответствует сокращению на 10,6 % от общего расхода коксового газа при тех же параметрах работы зажигательного горна.

Библиографический список

1. Герасимов Л.К., Баранов М.С. Решение экологических и энергосберегающих задач при производстве агломерата// Сталь. – 1995. – № 4. – с. 78 – 80.
2. Вегман Е.Ф. Пыриков А.Н. Снижение вредных выбросов в атмосферу путем применения технологии агломерации с высоконагретыми шихтами// Изв. ВУЗов.Черн. металлургия. – 1998. – № 6. – с. 34 – 35.
3. Аглофабрика без дымовой трубы – миф или реальность? / И.Ф. Коруннов, Ю.С. Карабасов, Ю.С. Юсфин и др.// Металлург. – 1995. - № 10. – с. 1 – 34.
4. Патент № 2007680. Зажигательный горн агломерационной машины. Россия. В.В. Стерлигов, С.Г. Коротков, Л.П. Соловьева. Выдан 12.02.1994// Открытия, изобретения, товарные знаки, 1994. № 3. Заявка № 4897813/02 от 29.12.1990.

**НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ
И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ**

УДК 544:658.567.1

ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В ОТХОДАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

ЖУРАВЛЕВА Н.В.

*ОАО «Западно-Сибирский Испытательный Центр»
г. Новокузнецк*

В Кемеровской области в результате деятельности промышленных предприятий накоплено около 1200 млн. тонн отходов, поэтому актуальной является задача их исследования на содержание токсичных веществ, среди которых особое внимание уделяется в последнее время органическим загрязнителям.

Исследован широкий перечень промышленных отходов предприятий черной и цветной металлургии, горной промышленности, химико-фармацевтического производства юга Кузбасса на присутствие 16 приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), хлорорганических пестицидов (ХОП), летучих ароматических углеводородов, фенолов методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ/МС). Для измерения концентраций и исследования качественного состава органических экотоксикантов использовали хроматографическое оборудование фирмы «Varian» (США): жидкостной хроматограф Star 9012 с последовательным соединением УФ-детектора на диодной матрице (Polychrom 9065) и флуоресцентного детектора (Star 9075) и газовый хроматограф Star 3400 с масс-спектрометрическим детектором Saturn 2000, оснащенный приставкой для анализа равновесной паровой фазы «Genesis».

Коксохимическое производство является одним из наиболее опасных технологических процессов по степени воздействия на окружающую среду и номенклатуре образующихся органических экотоксикантов. Одними из самых опасных являются полициклические ароматические углеводороды, которые относятся к стойким органическим загрязнителям [1]. Методом ГХ/МС в отходах коксохимического производства идентифицированы замещенные нафталины, фенантрены, пирены, которые дополняют перечень ПАУ, определенных количественно методом ВЭЖХ [2]. Полярные соединения представлены замещенными фенолами, азот-, кислород-, серосодержащими соединениями. Анализ интенсивностей пиков на хроматограммах по полному ионному току показывает, что основными компонентами являются фенол, метилфенолы, нафталин, индол. Ко-

личественно определены фенол, 2-метилфенол, 4-метилфенол, 2,6-диметилфенол. Максимальное суммарное содержание фенолов (1,14 г/кг) содержится в кислой смолке.

Среди отходов цветной металлургии наиболее токсичными являются отходы производства алюминия (пыль электрофильтров и газоходов, шламы газоочистки) для которых кратность превышения ПДК только по бенз(а)пирену (0,02 мг/кг) составляет величину от 265 до 12000 раз [3]. Одновременное использование методов ВЭЖХ и ГХ/МС в анализе ПАУ позволяет оптимизировать условия хроматографического разделения при исследовании проб сложного состава [4]. Применение метода ВЭЖХ для определения ПАУ в отходах позволяет получить данные о распределении индивидуальных соединений, определить токсичность проб по нормируемому в России бенз(а)пирену, оценить суммарную канцерогенность в соответствии с международными требованиями.

Основными отходами предприятий теплоэнергетики являются золошлаковые отходы, которые могут содержать остаточные количества ПАУ. Актуальность исследования золошлаковых отходов на присутствие канцерогенных ПАУ связана еще и с тем, что данный вид отходов используется для изготовления строительных материалов, применяется коммунальными службами для подсыпки городских территорий в зимний период для устранения гололедных явлений. Нами показано, что золошлаковые отходы могут содержать бенз(а)пирен и другие ПАУ в количествах, превышающих ПДК [5]. Наибольшие значения содержания индивидуальных ПАУ получены для пирена и фенантрена. Эти углеводороды являются преобладающими компонентами выбросов систем, связанных с пиролизом органического вещества.

Метод статического парового анализа в сочетании с ГХ/МС использован при качественном анализе летучих органических веществ в отходах химико-фармацевтических производств ОАО «Органика» [6]. Показано, что в шламах и иловых отложениях из коллектора сточных вод содержатся летучие органические соединения: алкил- и галогензамещенные ароматические углеводороды, алкил- и галогензамещенные алифатические углеводороды, алкилзамещенные фенолы. Во всех шламовых отходах хлорбензол является основным компонентом. Результаты данных исследований были использованы для определения источника загрязнения.

При исследовании шламов вскрышных пород угольных разрезов на присутствие ПАУ и фенолов идентифицирован дополнительно 2,4,6-тринитротолуол [7]. Этот компонент обнаруживается также в шламах и в воде рудных карьеров. Количественное определение данного показателя предложено включить в программу исследования токсичности отходов предприятий угольной промышленности.

В автотранспортных предприятиях образуется значительный объем отработанных автомобильных покрышек. Методом ГХ/МС показано, что данные отходы выделяют в атмосферу ароматические углеводороды (толуол, этилбензол, о-, м-, п-ксилолы, триметилбензолы и др.), а водных вытяжках отходов основными компонентами являются бензотиазол и дифениламин [8]. Таким образом, происходит вторичное загрязнение территорий, прилегающих к местам складирования.

Один из видов отходов, потенциально опасных по содержанию ПАУ – шламы от мойки автомобилей. В таблице 1 приведены данные о содержании бенз(а)пирена и суммарном содержании канцерогенных и токсичных ПАУ (бенз(а)пирена, бенз(в)флуорантена, бенз(g,h,i)перилена, индено(1,2,3-сd)пирена, флуорантена, бенз(к)флуорантена в шламах.

Таблица 1 – Содержание канцерогенных и токсичных ПАУ в шламах от мойки автомобилей

Номер образца	Содержание бенз(а)пирена, мг/кг	Суммарное содержание ПАУ, мг/кг	ПДК бенз(а)пирена, мг/кг	Кратность превышения ПДК, раз
1	0,098	0,693	0,02	4,9/36,6
2	0,049	0,345		2,5/17,2
3	0,110	0,476		5,5/23,8

Поскольку в России в отходах нормируется содержание только бенз(а)пирена, то оценено превышение ПДК по данному показателю, которое составляет величину 2,5 – 5,5 раз. Суммарное содержание канцерогенных и токсичных ПАУ значительно выше и соответственно кратность превышения ПДК – 17,2 – 36,6 раза.

Опасный вид отходов – устаревшие и запрещенные к применению препараты пестицидов, утилизация которых является серьезной проблемой в странах СНГ и в Российской Федерации. Не проводится мониторинг устаревших пестицидов, поэтому о местонахождении и объемах, не соответствующих требованиям захоронений устаревших пестицидов, известно не всегда. Из захоронений таких пестицидов возможны утечки, пестициды подвергаются атмосферному воздействию. Количество складированных запрещенных и устаревших пестицидов в Кемеровской области составляет 185 т.

Проведено исследование 8 проб неизвестного состава, отобранных на неучтенном складе химических средств защиты растений на территории Новокузнецкого района. Поскольку по данному складу отсутствовали сведения о номенклатуре хранящихся веществ, то задачей исследования являлось установление качественного состава препаратов. С помо-

щью хроматомасс-спектро-метрических исследований идентифицированы соединения, относящиеся к классам: симм-триазиновых пестицидов (Семерон), нитрофенолов (Динокап), эфиров арилоксиалканкарбоновых кислот (Бутиловый эфир 2,4–Д) [9, 10]. Методом ГХ/МС показано присутствие препаратов серы. Результаты спектрального анализа подтвердили наличие соединений меди. Ртутьсодержащих препаратов не обнаружено. Показана эффективность применения метода хроматомасс-спектрометрии для разведывательного экологического анализа сложных, многокомпонентных проб устаревших препаратов пестицидов. Полученная аналитическая информация может быть использована для разработки программ по контролю потенциальных органических загрязнителей на прилегающих территориях, поскольку в течение длительного времени целостность складского помещения была нарушена и хранящиеся там препараты подвергались воздействию атмосферных осадков и перепадов температур. Определение классов идентифицированных соединений важно также для выбора способов утилизации и режимов безопасного хранения пестицидов.

В последнее время уделяется много внимания проблемам утилизации и захоронения твердых бытовых отходов (ТБО). Свалки ТБО являются источником токсичных органических загрязнителей и вносят значительный вклад в общее загрязнение воздуха городов. Отсутствие исходных данных о составе атмосферы над Центральной свалкой ТБО г. Новокузнецка потребовало проведения предварительных исследований с использованием метода хроматомасс-спектрометрии [11]. Результаты исследования позволили идентифицировать индивидуальные органические соединения, присутствующие в воздухе над свалкой ТБО, относящиеся к следующим классам: алкил-замещенные фенолы, полициклические ароматические углеводороды, фталаты, алифатические углеводороды. Анализ интенсивностей пиков на хроматограммах по полному ионному току показывает, что основными загрязнителями являются алифатические углеводороды, флуорен, фенантрен, антрацен, пирен. Кроме того, данные углеводороды являются индикаторами промышленных выбросов, они значительно более устойчивы к разрушению во внешней среде. Из обнаруженных на территории свалки токсичных веществ канцерогенную активность проявляют антрацен, нафталины, флуорен. Из числа идентифицированных компонентов к первому классу опасности относится пирен, ко второму опасности – фенолы, фенантрен к третьему классу опасности – 2,6-диметилфенол. Найденная концентрация фенантрена превышает значение ОБУВ в воздухе в зоне активного горения в 1,5 раза.

Библиографический список

1. Яценко-Хмелевская М.А., Цибульский В.В. Выбросы стойких органических загрязнителей на территории России. // Журн. экологич. химии. 1999, № 2, С. 73 – 79.
2. Журавлева Н.В. Приоритетные органические экотоксиканты коксохимического производства. // Металлургия России на рубеже XXI века: Сб. научн. тр. Международной научно-практической конференции./ Под общей редакцией Е.В. Протопопова: СибГИУ. – Новокузнецк, 2005. – Том II. – С. 312 – 317.
3. Журавлева Н.В., Бобкова Т.А. Определение полициклических ароматических углеводородов в отходах производства алюминия методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Труды региональной конференции «Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты» г. Новокузнецк, 9 – 11 октября 2003 г. С. 87 – 88.
4. Журавлева Н.В., Бобкова Т.А. Высокоэффективная жидкостная хроматография и хроматомасс-спектрометрия в определении полициклических ароматических углеводородов в геоэкологических объектах.// Сопряженные задачи механики, информатики и экологии: Материалы Международной конференции. – Томск: Изд-во Томского университета, 2004 г., С. 95 – 96.
5. Журавлева Н.В. , Бобкова Т.А. Определение полициклических ароматических углеводородов в золошлаковых отходах. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 14: СибГИУ. Новокузнецк, 2005. С. 284 – 289.
6. Журавлева Н.В. Идентификация летучих органических соединений в отходах ОАО «Органика» методом статистического парофазного анализа в сочетании с капиллярной хроматографией и масс-спектрометрией // Труды региональной конференции «Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты» г. Новокузнецк, 9 – 11 октября 2003 г. С. 84 – 85.
7. Журавлева Н.В., Бобкова Т.А. Хроматомасс-спектрометрия и высокоэффективная жидкостная хроматография в определении органических загрязнителей в промышленных отходах предприятий Юга Кузбасса. // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» Москва, 12 – 16 сентября 2005 г. АУ-3.
8. Волынкина Е.П., Кудашкина С.А., Незамаев А.В., Журавлева Н.В. Использование отработанных автомобильных покрышек // Экология и промышленность России. 2001. № 1. С. 40 – 44.

9. Журавлева Н.В. Применение метода хроматомасс-спектрометрии для анализа токсичных химических веществ. // Труды I Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности: экологические, производственные, правовые, медико-биологические и социальные аспекты» г. Новокузнецк, 8 – 9 июня 2005 г. С. 60 – 62.
10. Журавлева Н.В. Применение метода хроматомасс-спектрометрии для идентификации основных компонентов в устаревших препаратах пестицидов. // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» Москва, 12 – 16 сентября 2005 г. АУ-12.
11. Журавлева Н.В., Бобкова Т.А., Волынкина Е.П. Органические загрязнители воздуха на территории Центральной свалки твердых бытовых отходов г. Новокузнецка // Труды региональной конференции «Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты» г. Новокузнецк, 9 – 11 октября 2003 г. С. 85 – 87.

УДК 504.064.36:574

ИЗУЧЕНИЕ МАСШТАБА ВЛИЯНИЯ СВАЛОК ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОКУЗНЕЦКА)

Волынкина Е.П., Халаман Н.А., Егорова Л.Н.

*Сибирский Государственный индустриальный университет,
Управление по надзору в сфере защиты прав потребителей
и благополучия человека
г. Новокузнецк*

В настоящее время объем ежегодно образующихся в России твердых бытовых отходов (ТБО) превышает 130 млн. м³. Прирост образования ТБО превышает темпы прироста населения в 3 – 4 раза, что связано, прежде всего, с увеличением уровня доходов и изменением образа жизни общества. Захоронение в приповерхностной геологической среде до сих пор остается одним из основных способов удаления ТБО. Это обуславливает целый ряд сопутствующих проблем – от загрязнения окружающей природной среды и повышения эпидемиологической опасности до увеличений психических расстройств у людей, проживающих вблизи свалок. Переполненные мусорные свалки становятся сегодня одной из самых актуальных проблем в мире, причем до сих пор никто не определил ее масштаб. Наиболее остро этот вопрос стоит в крупных городах России. Так, в городе Новокузнецке муниципальные отходы размещают-

ся на двух образованных стихийно, но в последствии ставших официальными свалках – Центральной и Баевской, которые в настоящее время переполнены. За годы существования на Центральной свалке накоплено свыше 30 миллионов, на Баевской – около 4 миллионов кубометров мусора. Центральная свалка площадью более 22 гектар расположена в черте города, недалеко от жилых районов, в непосредственной близости целого ряда промышленных предприятий. Баевская свалка, площадью около 12 гектар находится за пределами города, в экологически незагрязненном районе.

С целью оценки степени влияния свалок на загрязнение окружающей среды, совместными усилиями некоммерческого партнерства «Экологический региональный центр» (НП «ЭРЦ»), Научно-производственного предприятия «Экоуголь» (НПП «Экоуголь»), Южно-Кузбасской специализированной инспекции государственного экоаналитического контроля (ЮК СИГЭК), Западно-Сибирского испытательного центра (ЗСИЦ), ГУ «Центр Госсанэпиднадзора в г. Новокузнецке Кемеровской области» (ГЦСЭН), газоаналитической лаборатории Новокузнецкого ОВГСО, Новокузнецкого государственного педагогического института (кафедра ботаники) (НГПИ) были выполнены санитарно-гигиенические и химические исследования воздуха, воды и почвы на обеих свалках и по границе санитарно-защитной зоны, а также исследования на биологическое загрязнение растительности в зоне влияния свалок.

Результаты проведенных исследований показали, что в зоне влияния обеих свалок почва значительно загрязнена токсичными элементами и тяжелыми металлами. Так, в зоне влияния Центральной свалки в почве содержатся на уровне и выше ПДК следующие элементы:

- в валовой форме: свинец (1,9 – 16,8 ПДК), мышьяк (4,5 – 8,0 ПДК), олово (4,0 – 5,0 ПДК), марганец (2,3 – 2,7 ПДК), хром (1,2 – 2,8 ПДК), ванадий (0,6 – 1,1 ПДК);

- в подвижной форме: цинк (24,4 – 138,2 ПДК), медь (0,9 – 19,6 ПДК), никель (0,8 – 3,5 ПДК), хром (1,1 – 1,5 ПДК), свинец (0,5 – 1,1 ПДК).

По суммарному показателю загрязнения тяжелыми металлами почва в зоне влияния Центральной свалки относится к категории загрязнения от умеренно (при минимальных найденных значениях) до чрезвычайно опасной (при максимальных найденных значениях) (см. таблицу 1).

В зоне влияния Баевской свалки в почве на уровне и выше ПДК содержатся:

- в валовой форме: мышьяк (3,5 – 5,3 ПДК), олово (0,9 – 2,9 ПДК);

- в подвижной форме: медь (3,0 – 5,6 ПДК), цинк (1,9 – 3,7 ПДК), никель (1,6 – 1,7 ПДК), кобальт (0,9 – 1,2 ПДК).

По суммарному показателю загрязнения тяжелыми металлами почва в зоне влияния Баевской свалки относится к *допустимой* катего-

рии загрязнения.

Следует отметить, что Центральная свалка находится в зоне влияния промышленных объектов «Кузнецкого металлургического комбината» (ОАО «КМК»), в связи с этим существенное загрязнение почвы цинком, возможно, обусловлено нахождением свалки вблизи отстойников шламохранилища доменных шламов, известных высоким содержанием цинка. Но в то же время, однозначное сходство по степени валового загрязнения почвы мышьяком и оловом, а также в подвижных формах меди и никелем с Баевской свалкой, расположенной вдали от промышленных объектов, в относительно экологически благополучном районе, указывает на то, что источником поступления в почву указанных тяжелых металлов, а также частично и цинка является именно свалка.

Анализ водной вытяжки почв показал, что почва в зоне влияния свалок соответствует карбонатной буферной зоне (пробы характеризовались рН от 7,92 до 8,46), что свидетельствует о наличии в ней геохимических барьеров, препятствующих переходу тяжелых металлов в наиболее опасные для живых организмов подвижные формы.

Растительность на свалках и прилегающих к ним территориях находится в крайне угнетенном состоянии, возобновляется только сорная растительность, характеризующаяся устойчивостью к химическому загрязнению почв.

В результате сопоставления содержания элементов в биомассе растений и в почве, на которых они произрастают, установлено, что тяжелые металлы, сильноподвижные цинк и медь, в значительных количествах, переходят в биомассу растений, обуславливая вторичное загрязнение почвы этими элементами. Так, в растениях произрастающих в зоне влияния Центральной свалки (полынь-чернотал) концентрация меди составляет 199 мг/кг, что превышает ее валовое содержание в почве (142 мг/кг). В растениях произрастающих в зоне влияния Баевской свалки (мятлик) концентрация цинка и меди (176 мг/кг и 38 мг/кг соответственно), что также превышает их валовое содержание в почве (128 мг/кг и 33 мг/кг соответственно).

Согласно заключения ГУ ЦГСЭН г. Новокузнецка, почвы, как с Центральной свалки, так и с Баевской относятся к «загрязненным» по бактериологическим показателям коли-титр (соответственно 0,4-0,004 и 0,04-0,004 свалке при допустимом не менее 1,0) и перфингенс титр (соответственно 0,1-0,0001 и 0,1-0,001 при допустимом не менее 1,0) что свидетельствует о «свежем» фекальном загрязнении.

Паразитологические исследования почв свидетельствуют о наличии филяриевидных личинок кишечной угрицы в количестве в 16-20 раз превышающем количество на «чистых» почвах (до 5 экз. на 1 кг почвы). Таким образом, по паразитологическим показателям почва в зоне влия-

ния Центральной свалки является «загрязненной» (более 80 экз. на 1 кг), в зоне влияния Баевской свалки – «сильно загрязненной» (более 100 экз. на 1 кг).

На Центральной свалке контролировались поверхностные воды, в то время как на Баевской – подземные. Таким образом, сравнение результатов дает представление о том, какие виды загрязнений из почвы флотируют в поверхностные воды, а какие виды загрязнений фильтруются через слой грунта в подземные воды.

В результате выполнения бактериологических и гельминтологических исследований воды установлено, что поверхностные воды в зоне влияния Центральной свалки загрязнены термотолерантными колиформными бактериями (ТКБ) выше допустимого значения (до 700 при допустимом значении не более 100 КОЕ). Однозначно отмечен факт флотации в поверхностные воды в зоне влияния свалки личинок филяриевидной кишечной угрицы (1 – 6 экз. на 25 л). В то же время, грунтовые слои на Баевской свалке надежно защищают подземные воды от паразитологического загрязнения с территории свалки, в результате чего в подземных водах личинки филяриевидной кишечной угрицы не найдены. Отмечено бактериологическое фоновое загрязнение подземных вод Баевской свалки по водоносному потоку по числу бактерий группы кишечных палочек (БГКП) (до 23 в двух из трех пробах при допустимом не более 10).

Отмечена очень высокая влажность воздуха и почвы в зонах тления и горения свалки. Тепло, влага и неограниченные запасы пищи создают на поверхности и в верхнем слое почвы благоприятные условия для насекомых, значительные скопления которых отмечены на обеих свалках. При большом количестве птиц насекомые становятся разносчиками инфекционных заболеваний.

Поверхностный водоисточник, протекающий в зоне влияния Центральной свалки (р. Конобениха), является загрязненным как органическими веществами естественного происхождения, о чем свидетельствует превышение норм предельно-допустимых концентраций в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) по БПК в 2,7 раза, по ХПК – в 1,1 раза, так и тяжелыми металлами, о чем свидетельствует превышение норм по железу – в 2,9 раза, магния – в 1,5 – 1,6 раза, лития – в 5-6 раз, хрома и меди – в 5 и 2-3 раза соответственно по сравнению с предельно допустимыми концентрациями в воде водного объекта, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{вр}). Поверхностные воды существенно загрязнены твердыми веществами – содержание сухого остатка в 3 – 3,5 раза выше нормы. Отмечено более сильное по сравнению с фоном загрязнение поверхностного водоисточника в зоне влияния свалки медью, литием, магнием и в целом твердыми веществами. По всем остальным показателям загрязнение по-

верхностных вод обусловлено другими источниками загрязнения.

В результате химического анализа подземных вод установлено значительное влияние свалки на водоносные слои в результате разложения органических веществ: по БПК – загрязнение возрастает в 10,5 раз, по ХПК – в 8 раз, по органическому углероду – в 4,5 раза, по сухому остатку – в 3,1 раза, по аммонийному азоту – в 14,5 раз, по кальцию – в 2,2 раза, магнию – в 2,8 раза, железу – в 1,5 раза, барию – в 8,7, хлоридам в 83 раза по сравнению с фоновыми значениями. Вода из скважины ниже свалки характеризуется как «загрязненная» по содержанию аммонийного азота и «очень грязная» по величине БПК и ХПК, в то время как вода из фоновой скважины может быть отнесена к «очень чистой» по показателям БПК и содержанию аммонийного азота.

Полученные результаты анализа воды подтверждают сделанный ранее вывод о наличии в почвах геохимических барьеров, препятствующих переходу токсичных соединений в наиболее опасные для живых организмов подвижные и водорастворимые формы. Однако это означает, что на территории свалок продолжается аккумуляция загрязняющих веществ органическим веществом и в составе коллоидных соединений минеральных составляющих. Этот процесс существенно зависит от сезонной активности микроорганизмов и температуры, корректируется кислотными дождями и т.д. и может быть смещен в сторону образования токсичных соединений тяжелых металлов, о чем свидетельствует угнетенное состояние растительности по результатам биологических исследований.

В атмосферном воздухе на территории Центральной свалки в зоне складирования свежих отходов найдены высокие концентрации аммиака – до 1,19 мг/м³, что составляет 30 ПДК для населенных пунктов. На части свалки, где значительны накопления давно заскладированных отходов, постоянно имеют место очаги тления или активного горения. В зонах тления и горения температура на поверхности почвы составляет 33 – 37 °С (при температуре окружающего воздуха 0 °С), возрастая вглубь почвы на 20 см до 85 °С, что обусловлено как протеканием экзотермических химических реакций, так и микробиологической деятельностью. Анализ воздуха в зоне тления свалки показал наличие следующих токсичных компонентов: метана, оксида углерода (до 2 ПДК), аммиака (11 ПДК), фенантрена, антрацена. Анализ воздуха в зоне активного горения свалки подтвердил, что в случае возгорания ТБО концентрации токсичных компонентов возрастают в десятки и сотни раз. При этом значительно расширяется перечень обнаруженных токсичных и взрывоопасных газов. В частности в воздухе в зоне горения свалки найдены: оксид углерода, оксид серы, оксид азота, метан, аммиак, бензол, флуорен, фенантрен, антрацен, этан, этилен, пропан, пропилен, норм-бутан. В отобранных

пробах воздуха также идентифицирован целый ряд органических соединений класса фенолов, замещенных нафталинов, замещенных фенантронов, алифатических и ароматических углеводородов.

В атмосферном воздухе на территории Баевской свалки в значительных концентрациях найден аммиак, являющийся продуктом биологического разложения органических отходов: $0,59 \text{ мг/м}^3$, или 15 ПДК для населенных пунктов. Расположение Баевской свалки в заболоченной пойме реки препятствует ее возгоранию, а также термическому разложению компонентов ТБО, в связи с чем в воздухе не обнаружены продукты сгорания и термического разложения.

На территории свалок и на границе СЗЗ найдены значительно превышающие ПДК значения токсичных компонентов. В дыме, выделяющемся при горении свалки и распространяющемся при преобладающем юго-западном направлении ветра в сторону жилых районов, содержится широкий спектр токсичных и канцерогенных компонентов, включая ПАУ. Найденные в воздухе на территории свалки и на границе СЗЗ ароматические и полиароматические соединения, а также наличие в очагах горения оплавленных и обгоревших пластиковых изделий свидетельствуют также о безусловном присутствии в дыме со свалки хлорорганических соединений – диоксинов. Следует отметить, что исследование загрязнений воздуха проводилось в октябре – ноябре, когда температура окружающего воздуха составляла $15 - 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Очевидно, что в летний период найденные концентрации вредных веществ существенно возрастут.

В результате образования в теле свалки метана и пропана, она является взрывоопасным объектом. Известно также, что метан является парниковым газом, поглощающим инфракрасное излучение в 21 раз сильнее углекислого газа. Правовые нормы большинства развитых стран предписывают всем без исключения владельцам полигонов ТБО предотвращать стихийное распространение свалочного газа.

Следует отметить, что расположение Центральной свалки ТБО практически в промышленной зоне Кузнецкого металлургического комбината значительно осложняет экологическую обстановку в городе, так как известно, что токсичные газы со свалок могут вступать в реакцию с выбросами окружающих промышленных объектов.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что крупные свалки твердых бытовых отходов, являются мощным источником негативного влияния на загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных и подземных вод. Существующие свалки должны быть закрыты с соблюдением всех гигиенических и санитарных норм. А новые полигоны необходимо строить по более жестким правилам, применяя современные технологии обезвреживания отходов.

ПРИОРИТЕТНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

ИВАНЬКИНА О.В., ЖУРАВЛЕВА Н.В.

*ОАО «Западно-Сибирский Испытательный Центр»,
г. Новокузнецк*

Проблема охраны окружающей среды от загрязнения отходами в последние десятилетия привлекает все большее внимание. Особенно актуальной является проблема контроля промышленных отходов как наиболее токсичных, часто устойчивых к разложению и опасных для человека и среды его обитания. Кемеровская область по экономическому потенциалу является крупнейшим в стране территориально-металлургическим комплексом. Объемы отходов черной металлургии Юга Кузбасса сосредоточены в 44 породных отвалах, содержащих 320 млн. м³ отходов.

Одной из главных на сегодняшний день является задача химического анализа состава промышленных отходов для оценки их токсичности и определения перечня соединений, подлежащих экологическому мониторингу на территориях складирования.

В работе представлены результаты исследования качественного и количественного состава отходов ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат» (НКМК), проведена оценка содержания органических загрязнителей – полициклических ароматических углеводородов, фенолов и нефтепродуктов. Актуальность определения именно этих экотоксикантов связана с их канцерогенным и мутагенным воздействием на живые организмы и высокой миграционной способностью.

Фенолы

Анализ отходов НКМК на содержание фенолов проводили двумя методами – методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ/МС) в отходах коксохимического производства [1] и методом фотометрического определения летучих с водяным паром фенолов в пробах отходов других производств [2].

Результаты количественного определения фенолов методом ГХ/МС представлены в таблице 1. Максимальное суммарное содержание фенолов характерно для кислой смолки, которая вывозится для складирования в отвал отходов коксохимического производства. Для доменных шлаков содержание фенолов находится в пределах от 0,001 до 0,025 мг/кг, для окалины замасленной – 0,017 мг/кг, а для мусора от очистки вагонов – 13,53 мг/кг. В остальных пробах содержание фенолов на-

ходится в концентрациях, не превышающих 0,001 мг/кг.

Таблица 1 – Определение содержания фенолов в водных вытяжках отходов коксохимического производства методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием

Наименование показателя	Результаты испытания, мг/кг		
	Полимеры	Фусы	Кислая смолка
Фенол	41,0	229,2	613,5
4-Метилфенол	32,4	86,2	358,0
2-Метилфенол	23,0	29,8	151,6
2,6-Диметилфенол	34,3	26,7	16,5
Суммарное содержание фенолов	130,7	371,9	1139,6

Нефтепродукты

Содержание нефтепродуктов в твердых отходах ОАО «НКМК» было определено методом колоночной хроматографии [2]. В таблице 2 приведены данные количественного содержания нефтепродуктов в исследованных отходах и способы их утилизации.

Таблица 2 – Определение содержания нефтепродуктов в твердых отходах металлургического производства

Исследуемый образец	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Способ утилизации
Сухие шламы доменной газоочистки	0,11 – 1033,5	Шламонакопитель доменной газоочистки
Влажные шламы доменной газоочистки	173,8 – 9673,3	Шламонакопитель доменной газоочистки
Доменный шлак	0,17 – 0,38	Шлаковый отвал
Разнородный шлак	0,21 – 0,32	Шлаковый отвал
Окалина замасленная	2158,0 – 84656,1	Отвал сухого шлама и золы ТЭЦ
Отходы химчистки спецодежды	215259,0	Отвал отходов коксохимпроизводства
Шламы оборотного водоснабжения	1183,09 – 21579,0	Шламонакопитель
Мусор от очистки вагонов коксохимпроизводства	7214,18	Отвал отходов коксохимпроизводства
Уличный смет	10086,0	Отвал твердых производственных отходов

В жидких отходах коксохимического производства (КХП) определение суммарного содержания органического вещества проводили расчетным методом, учитывая содержание воды и зольность образцов. Результаты данных исследований приведены в таблице 3.

Полимеры, смолы и масла с биохимустановки КХП передаются предприятиям по переработке токсичных отходов. Это единственный способ утилизации данных отходов, так как они не могут быть использованы в качестве топочного мазута, потому что в своем составе содержат токсичные элементы (V, S, N, Co, Cu, Cr) и значительное содержание воды (8 – 92 %).

Кислая смолка КХП (II класс опасности отходов) вывозится специализированной автомашиной на отвал КХП для постоянного складирования. В отвалы также направляют шламы и шлаки со всех цехов комбината.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)

Полициклические ароматические углеводороды, определение которых проводили методом жидкостной хроматографии [4], обнаружены во всех отходах коксохимического производства в значительном количестве. В частности, содержание бенз(а)пирена, нормируемого в РФ на уровне 0,02 мг/кг, находится в пределах от 193 до 581250 мг/кг.

Таблица 3 – Определение содержания органического вещества в жидких отходах коксохимического производства

Исследуемый образец	Содержание органического вещества, %	Способ утилизации
Полимеры регенерации масла	94,88	Передаются предприятиям по переработке токсичных отходов
Смесь смолы и масла биохимической очистки сточных вод	62,66	Передаются предприятиям по переработке токсичных отходов
Осадок биомассы биохимической очистки сточных вод	7,39	Передаются предприятиям по переработке токсичных отходов
Фусы отделения обезвоживания смолы	35,24	Дозированная подача фусов в шихту
Фусы отделения конденсации смолы	87,81	Подача фусов в шихту для коксования
Кислая смолка	49,46	Отвал отходов коксохимического производства

Актуальность оценки суммарного содержания канцерогенных и токсичных ПАУ связана с присутствием в пробах бенз(а)пирена и бенз(в)флуорантена (сильные канцерогены), бенз(g,h,i)перилена и индено(1,2,3-cd)пирена (слабые канцерогены) и неканцерогенных, но токсичных углеводородов флуорантена и бенз(к)флуорантена. Такая оценка представлена на примере отхода КХП – кислой смолки (таблица 4). По сумме индивидуальных ПАУ общая канцерогенность кислой смолки равна 344,98 мг/кг. Кратность превышения ПДК только по одному бенз(а)пирену составляет 17250 раз.

Таблица 4 – Содержание полициклических ароматических углеводородов в кислой смолке коксохимического производства

Наименование показателя	Метод испытания, обозначение и номер НД	Результаты испытания, мг/кг	ПДК, мг/кг
Нафталин	ПНД Ф 14.2:4.70-96	< 0,002	
Аценафтилен	-"-	36,30	
Флуорен	-"-	92,60	
Аценафтен	-"-	< 0,006	
Фенантрен	-"-	356,60	
Антрацен	-"-	113,50	
Флуорантен	-"-	282,20	
Пирен	-"-	97,98	
Бенз[а]антрацен	-"-	36,80	
Хризен	-"-	41,48	
Бенз[а]пирен	-"-	25,05	0,02
Дибенз[а,h]антрацен	-"-	24,44	
Бенз[к]флуорантен	-"-	11,74	
Бенз[в]флуорантен	-"-	16,40	
Бенз[g,h,i]перилен	-"-	< 0,010	
Индено[1,2,3-cd]пирен	-"-	9,580	
Суммарное содержание канцерогенных и токсичных ПАУ	-"-	344,98	

Пирен и флуорантен являются превалирующими компонентами выбросов коксохимического производства, и их содержание служит критерием степени антропогенной загрязненности ПАУ объектов окружаю-

щей среды.

По данным хроматографических исследований наибольшее содержание ПАУ характерно для отходов коксохимического производства.

Библиографический список

1. Хромато-масс-спектрометрическое определение концентраций фенолов и хлорпроизводных в воде: Методические указания. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 34 с.
2. Методика выполнения измерений суммарных содержаний летучих фенолов в пробах природных и очищенных сточных вод экстракционно-фотометрическим методом после отгонки с паром. ПНД Ф 14.1:2.105-97 – М: – Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1997. – 12 с.
3. Методика выполнения измерений массовых концентраций нефтепродуктов в пробах природных и очищенных сточных вод методом колонной хроматографии с гравиметрическим окончанием. ПНД Ф 14.1:2.116-97 – М: – Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1997. – 7 с.
4. Методика выполнения измерений массовой концентрации полициклических ароматических углеводородов в питьевых и природных водах методом ГЖХ. ПНД Ф 14.2:4.70-96- М: – Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, 1996. – 13 с.

УДК 613.62

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТВАЛАМИ

**ЗАХАРЕНКОВ В.В., ОЛЕЩЕНКО А.М., СУРЖИКОВ Д.В.,
ПАНАИОТТИ Е.А., ОЛЕЩЕНКО А.А.**

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

В последнее десятилетие накоплен большой опыт оценки риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха стационарными источниками в городах: Волгоград, Самара, С.-Петербург, Екатеринбург, Ангарск, Новокузнецк, Красноярск, Барнаул и др. По мнению ведущих гигиенистов и экологов (Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А.) большинство промышленных выбросов и сбросов переходит на отвалы промышленных предприятий, что является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха, почвы, воды. Поэтому

основным из приоритетных направлений природоохранной политики большинства промышленных городов является снижение отрицательного воздействия на здоровье населения загрязнения атмосферного воздуха площадными источниками. В существующих отечественных и зарубежных исследованиях данное направление практически отсутствует. Поэтому данное исследование направлено на разработку экологических и гигиенических мероприятий по снижению риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха отвалами горно-обогатительных фабрик и предприятий теплоэнергетики.

Целью исследования являлась разработка системы количественных оценок риска нарушения здоровья населения, проживающего в зоне воздействия отвалов горно-обогатительных фабрик и ГРЭС.

В ходе исследования решались следующие задачи:

- Идентификация опасности – сбор, анализ, оценка информации о типах ущерба здоровью и заболеваниях, связанных с воздействием загрязнения атмосферного воздуха от площадных источников.

- Оценка зависимости «доза-ответ» – выявление взаимосвязи между уровнем вредных экологических факторов, с одной стороны, и масштабами ущерба здоровью населения за период их проживания, с другой стороны.

- Количественная оценка факторов экологического воздействия окружающей среды для оценки вероятности нанесения ущерба здоровью населения.

- Оценка динамики здоровья, процессов адаптации населения, проживающего в зоне воздействия.

- Анализ эффективности природоохранных мероприятий по снижению риска для здоровья населения от площадных источников.

- Разработка и внедрение методических рекомендаций по оптимизации профилактических комплексов по критериям снижения экспозиции или риска для здоровья населения, основанная на оптимальном соотношении затрат и пользы.

Для исследования выбраны следующие объекты:

- население, проживающее в зоне влияния хвостохранилища Абагурской аглофабрики и золоотвала Томь-Усинской ГРЭС;

- экологические факторы загрязнения атмосферного воздуха промышленными отвалами (токсичные вещества, взвешенные вещества, климат).

В данной работе использован комплекс современных методов исследования: экологический, санитарно-гигиенический, экономический, математический, статистический.

Отходы производства Абагурской агломерационно-обогатительной фабрики – хвосты магнитной сепарации железной руды, хранящиеся

в хвостохранилищах считаются малоопасными отходами и отнесены к IV классу токсичности. Однако вследствие мелкофракционного состава и значительных масштабов занимаемой ими территории – 350 га, отмечается загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами, содержащими широкий спектр токсичных веществ, такие как свинец, кадмий, хром, кремний, алюминий, литий и т.д.

В районе поселка Елань, примыкающего непосредственно к хвостохранилищу, годовое выпадение взвешенных веществ составляет 409 г/м^2 , что более чем в 200 раз превышает фоновый показатель для лесостепной зоны – 2 мг/м^2 . В радиусе 8 км вокруг Абагурской аглофабрики отмечено загрязнение почв, токсичными веществами, выходящими в состав хвостов, в т.ч. железом в 3 – 3,5 раза выше фона.

По данным кустового медицинского информационно-вычислительного центра г. Новокузнецка уровень заболеваемости населения поселка Елань, достоверно превышает общегородские стандарты.

Так за последние три года общая заболеваемость всего населения, рассчитанная на 1000 человек, составляет 815,3 случаев в поселке Елань, против 670,4 случаев в целом по городу. Особенно высокая заболеваемость отмечается среди детского населения, которая составляет 1471,1 случая против 1206,0 случаев по городу. Более высокий уровень заболеваемости в пос. Елань зарегистрирован по таким классам болезней, как болезни органов дыхания (422,3), новообразования (15,6), болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (20,7), болезни системы кровообращения (25,9), болезни органов пищеварения (27,3), болезни мочеполовой системы (54,5), осложнения беременности (4,54), врожденные пороки развития (4,9). В структуре заболеваемости данные болезни входят в первую десятку. Причем заболевания органов дыхания составляют 51,8 % от всей заболеваемости.

Поэтому риск здоровья населения от загрязнения окружающей среды проводился по взвешенным веществам, находящимся в атмосферном воздухе.

Содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе от хвостохранилища определялось расчетным методом на основе методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86).

При расчете учитывались такие показатели, как высота отвала над уровнем земли, масса вредного вещества, средняя скорость ветра на уровне земли, коэффициент обмена.

Полученные результаты показали, что для площади отвала 300 га выброс пыли составляет 300 г/сек., при этом максимальная концентрация складывается на расстоянии 567 метров от края отвала, и составляет $0,85 \text{ мг/м}^3$.

Для площади отвала 170 га выброс пыли составляет 170 г/с, при этом максимальная концентрация складывается на расстоянии 567 метров от края и составляет 0,48 мг/м³.

На основании расчетных результатов с учетом розы ветров нами рассчитан индивидуальный и популяционный пожизненный (неканцерогенный) риск смерти от вдыхания взвешенных веществ (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, самый высокий групповой риск дополнительный случай смерти при ингаляционном воздействии взвешенных веществ отмечается в пос. Елань, который составляет 3,85 случая на 10000 населения, на втором месте находится пос. Абагур и Советская площадь, уровень риска уменьшается в 18 раз в центральной части города, Левый берег и Комсомольская площадка и самый низкий в районах 10 км в пос. Редаково.

По данным статистической отчетности анализа состояния здоровья и расчетным данным индивидуального и группового популяционного риска отмечается достоверное превышение уровня заболеваемости всех групп населения по сравнению с другими районами города в 10 километрах зона влияния хвостохранилища Абагурской аглофабрики.

Таблица 1 – Индивидуальный и популяционный риск здоровья населения различных районов города в зоне воздействия площадного источника (на 10000 населения)

Районы города	Индивидуальный риск ($R_{инд}$)	Групповой популяционный риск ($R_{гпр}$)
Поселок Елань	0,027	3,85
Поселок Абагур	0,003	0,42
Поселок Редаково	0,00063	0,09
Комсомольская пл-ка	0,0015	0,21
Левый берег	0,0015	0,21
Советская площадь	0,0027	0,38

Расчет эффективности рекультивационных мероприятий показал, что предполагаемое снижение общей заболеваемости в течение года, за счет уменьшения площади хвостохранилища на 8,3 % позволит снизить заболеваемость населения поселка Елань на 67,5 случая, а среди детского населения поселка на 121,9 случаев.

Отходы производства Томь-Усинской ГРЭС – продукты сжигания каменного угля (зола) считаются малоопасными отходами и отнесены к IV классу токсичности. Однако вследствие мелкофракционного состава и значительных масштабов занимаемой ими территории – 39 га, отмечается загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами, содер-

жащими широкий спектр токсичных веществ, такие как свинец, кадмий, хром, кремний, алюминий, литий и т.д.

Расчет распространения примеси в атмосфере, выделяющейся от площадного источника проводился по методике расчета (ОНД-86).

Полученные результаты показали, что для площади золоотвала 39 га выброс взвешенных веществ составляет 780 г/сек., при этом максимальная концентрация складывается на расстоянии 28,4 метров от края отвала, и составляет 44,6 мг/м³.

Проведенный расчет уровней средней годовой концентрации, индивидуального и популяционного риска дополнительной смертности в зонах воздействия золоотвала Томь-Усинской ГРЭС представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Уровни среднегодовой концентрации, индивидуального и популяционного риска дополнительной смертности в зонах воздействия (золоотвал Томь-Усинской ГРЭС)

Районы города	Сс.г.	Площадь золоотвала, га			
		39,0		1,0	
		Ри	Рп. на 1000 населения	Ри	Рп. на 1000 населения
д. Безруково	7,3E-02	2,55E-02	0,364	6,54E-04	93,33E-04
п. Притомский	8,4E-03	2,94E-03	0,042	7,5E-05	10,77E-04
г. Мыски	8,4E-04	2,94E-04	4,2E-03	8,0E-06	10,8E-05
ст. Тальжино	1,55E-03	5,4E-04	7,7E-03	1,4E-05	19,7E-05
д. Атаманово	1,05E-03	3,7E-04	5,3E-03	9,0E-06	13,6E-05
р-он г. Новокузнецка Абашево	3,5E-03	1,22E-03	17,4E-03	3,1E-05	44,6E-05
р-он г. Новокузнецка Байдаевка	3,5E-03	1,22E-03	17,4E-03	3,1E-05	44,6E-05

Наибольший индивидуальный пожизненный (неканцерогенный) риск смерти от вдыхания взвешенных веществ (TSP) отмечается в деревне Безруково и составляет величину 2,55 случаев на 10000. В городах Мыски, ст. Тальжино, д. Атаманово данная величина примерно в сто раз ниже, в п. Притомском и районах г. Новокузнецка (Абашево, Байдаевка) она составляет 0,94 и 1,22 случаев на 10000 соответственно. Величина популяционного риска в д. Безруково составляет 0,36, в п. Притомском – 0,19, г. Мыски – 0,18, ст. Тальжино – 0,0077, д. Атаманово – 0,0053, районах г. Новокузнецка (Байдаевка и Абашево) – 0,52. Суммарный риск по всем населенным пунктам составил величину 1,796.

Проведение рекультивационных работ на 1 га золоотвала позволя-

ет снизить индивидуальный риск в д. Безруково на 6,54 случая на 10 000. В остальных населенных пунктах это снижение составляет величину от 0,8 до 7,5 случаев на 10000. Снижение популяционного риска в данных населенных пунктах из расчета составляет величину: в д. Безруково – $9,333 \cdot 10^{-3}$ случая, п. Притомском – $4,9 \cdot 10^{-3}$, г. Мыски – $4,727 \cdot 10^{-3}$, ст. Тальжино – $1,97 \cdot 10^{-4}$, д. Атаманово – $1,36 \cdot 10^{-4}$, районах г. Новокузнецка (Абашево и Байдаевка) – $1,33 \cdot 10^{-2}$. Суммарное снижение риска по всем населенным пунктам составит величину 0,046.

Разработана методика расчета оздоровительного эффекта мероприятий по биологической рекультивации техногенных ландшафт по показателям здоровья населения.

Стоимость ущерба здоровью от воздействия взвешенных веществ золоотвала Томь-Усинской ГРЭС представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость ущерба здоровью от воздействия взвешенных веществ золоотвала Томь-Усинской ГРЭС (руб.)

Районы города	Площадь золоотвала, га	
	39,0	1,0
д. Безруково	327,6	8,400
п. Притомский	171,99	4,410
г. Мыски	174,20	4,467
ст. Тальжино	6,93	0,178
д. Атаманово	4,77	0,122
р-он г. Новокузнецка Абашево	469,8	12,046
р-он г. Новокузнецка Байдаевка	469,8	12,046
Сумма:	1625,09	41,669

На 1 га хвостохранилища в целом по населенным местностям ущерб для здоровья представляет 0,046 дополнительных случаев, что по экономическому показателю имеет стоимость 41,669 руб. Для того чтобы снизить дополнительную смертность на 1 случай, необходимо рекультивировать 21,7 га площадного источника.

Результаты исследования вошли в Федеральную целевую программу «Интеграция науки и высшего образования России на 2002 – 2006 годы».

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

ИСТОМИНА Т.В., ХАНХУНОВ Ю.М.

*Восточно-Сибирский государственный технологический университет,
г. Улан-Удэ*

Согласно ст. 3 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» [1] одними из основных принципов политики в области обращения с отходами являются охрана здоровья человека, поддержание или восстановление благоприятного состояния окружающей природной среды и сохранение биологического разнообразия. В связи с этим все предприятия обязаны соблюдать экологические, санитарные и иные требования в области охраны окружающей среды и здоровья человека. Одним из требований является разработка проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) в целях уменьшения количества образования отходов.

Проекты ПНООЛР разрабатываются в соответствии с Методическими рекомендациями, утвержденными приказом МПР РФ от 11.03.2002 № 115 [2]. Согласно методическим рекомендациям каждый проект ПНООЛР должен включать в себя паспорт опасного отхода с указанием кода отхода по федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО), утвержденному приказом МПР России от 02.12.2002 № 786, и «Дополнениям к ФККО», утвержденным приказом МПР России от 30.07.2003 № 663.

В настоящее время в ФККО включены около 600 наименований отходов, которые разделены на пять классов опасности:

- I класс опасности – чрезвычайно опасные;
- II класс опасности – высоко опасные;
- III класс опасности – умеренно опасные;
- IV класс опасности – мало опасные;
- V класс опасности – практически не опасные.

Однако практика разработки паспортов опасных отходов и проектов ПНООЛР показывает, что каталог требует существенного дополнения.

Прежде всего, возникает проблема определения класса опасности отходов, образующихся в лечебных учреждениях, которые объединены под одним кодом – 971 000 00 00 0.

Отнесение медицинских отходов к определенному классу опасности для окружающей среды производится в соответствии с Санитарными

правилами и нормами (СанПиН 2.1.7.728-99) [3]. Санитарные правила определяют правила сбора, хранения, переработки, обезвреживания и удаления всех видов отходов лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ).

Под отходами ЛПУ подразумеваются все виды отходов, образующиеся в больницах, поликлиниках, диспансерах, станциях скорой медицинской помощи, научно-исследовательских институтах и учебных заведениях медицинского профиля, медицинских лабораториях. Все отходы здравоохранения подразделяются на пять классов по степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности аналогично ФККО:

- класс А. Неопасные отходы лечебно-профилактических учреждений;
- класс Б. Опасные (рискованные) отходы ЛПУ;
- класс В. Чрезвычайно опасные отходы ЛПУ;
- класс Г. Отходы ЛПУ, по составу близкие к промышленным;
- класс Д. Радиоактивные отходы ЛПУ.

По морфологическому составу к отходам класса А относятся отходы, не имеющие контакта с больными – пищевые отходы (за исключением инфекционных подразделений), мебель, инвентарь, неисправленное диагностическое оборудование, строительный мусор; к отходам класса Б относятся потенциально инфицированные отходы – материалы и инструменты, загрязненные кровью и выделениями пациентов, патологоанатомические отходы, органические операционные отходы; к отходам класса В относятся материалы, контактирующие с больными особо опасными инфекциями; к отходам класса Г лекарственные средства с истекшим сроком годности, ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование; отходы класса Д представлены отходами, содержащими радиоактивные компоненты.

Таким образом, при отнесении медицинских отходов к классам опасности для окружающей среды предприятия и разработчики проектов стоят перед проблемой совместимости ФККО и санитарных правил, установленных СанПиН 2.1.7.728-99.

Рассмотрим проблему отнесения медицинских отходов к классу опасности для окружающей среды на примере МУЗ «Городская инфекционная больница» г. Улан-Удэ.

Основная деятельность учреждения здравоохранения направлена на оказание медицинских услуг и лечение инфекционных заболеваний. Территория больницы расположена в черте городской застройки. Больница рассчитана на 230 койко-мест, в том числе детских койко-мест – 125, взрослых – 105, расположенных в семи отделениях. На балансе больницы имеются бактериальные лаборатории и кислородная станция,

которые расположены отдельно от главного корпуса. Источником образования отходов на предприятии являются основная лечебная и вспомогательная деятельность. Вспомогательная деятельность МУЗ «Городская инфекционная больница» включает в себя обслуживание автотранспорта в количестве 5 единиц и проведение текущих ремонтных работ, в результате образуются следующие наименования отходов:

- масла отработанные (моторные, трансмиссионные);
- кислота аккумуляторная серная отработанная;
- аккумуляторы свинцовые отработанные не разобранные со слитым электролитом;
- крышки отработанные, камеры пневматические отработанные;
- обтирочный материал, загрязненный маслами, содержание масел менее 15 % и пр.

Вышеуказанные отходы включены в ФККО и им присвоен определенный класс опасности.

Отходы, образующиеся в результате основной лечебной деятельности МУЗ «Городская инфекционная больница», представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Отходы, образующиеся в результате основной лечебной деятельности МУЗ «Городская инфекционная больница»

Наименование отхода по ФККО	Код отхода по ФККО	Класс опасности по ФККО	Класс опасности согласно СанПиН 2.1.7.728-99
Ртутные термометры, отработанные и брак	353 303 00 13 01 1	1	Г
Отходы дезинфицирующих растворов	971 000 00 00 00 4	4	Б
Отходы лейкопластыря	971 000 00 00 00 4	4	Б
Отходы перевязочного материала	971 000 00 00 00 4	4	Б
Отходы систем переливания крови	971 000 00 00 00 4	4	Б
Отходы фиксажа	971 000 00 00 00 4	4	Б
Отходы рентгеновской пленки	571 015 00 01 00 4	4	Б
Отходы (мусор) от уборки территорий и помещений медицинских учреждений	971 000 00 00 00 4	4	Б
Шприцы одноразовые	971 000 00 00 00 4	4	Б

Окончание таблицы 1

Наименование отхода по ФККО	Код отхода по ФККО	Класс опасности по ФККО	Класс опасности согласно СанПиН 2.1.7.728-99
Резиновые изделия незагрязненные, потерявшие свои потребительские свойства (пробки резиновые)	575 001 00 01 00 5	5	Б
Отходы пленки латекса (перчатки одноразовые)	575 005 00 01 00 5	5	Б
Стекланный бой незагрязненный (исключая бой стекла электронно-лучевых трубок и люминесцентных ламп)	314 008 02 01 99 5	5	Б
Лом стальной несортированный (отходы старификаторов)	351 201 01 01 99 5	5	Б

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что при отнесении медицинских отходов к классам опасности для окружающей среды, согласно ФККО, как того требуют основные правовые документы, не соблюдается классификация, установленная СанПиН 2.1.7.728-99.

При отнесении ряда медицинских отходов, образующихся в результате основной лечебной деятельности учреждения, к классам опасности для окружающей среды были подобраны аналогичные наименования отходов по федеральному классификационному каталогу отходов, к таким отходам относятся одноразовые перчатки, резиновые пробки и стекланный бой, которые образуются при использовании лекарственных препаратов и приготовления растворов в лабораториях, отходы старификаторов, образующиеся на станциях переливания крови и участках сбора анализов. Согласно ФККО данные отходы относятся к V классу опасности, а следовательно, к практически не опасным отходам, однако по классификации, представленной в СанПиН 2.1.7.728-99, эти же отходам относятся к классу Б, т.е. к опасным (рискованным) отходам ЛПУ. Таким образом, один и тот же отход по разным классификациям может обладать разными опасными свойствами.

Напротив, при классификации отходов дезинфицирующих растворов, перевязочного материала, систем переливания крови, фиксажа, одноразовых шприцов, мусора от уборки медицинских помещений возник-

ла проблема определения класса опасности. В соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» (приказ МПР России от 15.06.2001 № 511) класс опасности может быть установлен расчетным или экспериментальным методом. Основная трудность при расчете класса опасности состояла в проведении информационного поиска токсикологических, санитарно-гигиенических и физико-химических показателей опасности каждого компонента отхода. При этом сложно установить компонентный состав медицинских отходов, к примеру, отходы марли и бинта состоят из текстильного материала, однако неизвестен процент загрязнения текстильного материала органическими отходами (кровь, остатки ткани и т.д.).

В результате в настоящее время предприятиям ЛПУ необходимо устанавливать класс опасности медицинских отходов в основном экспериментальным методом в соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» с использованием не менее двух тест-объектов, что экономически не выгодно для предприятий, находящихся на муниципальном бюджете.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 22.05.1998 г;
2. Приказ МПР РФ от 11.03.2002 № 115 «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение»;
3. Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений: Санитарные правила и нормы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 20 с.

УДК 504.064.36:574

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОТХОДОВ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ГОРОДА

ПАНАИОТТИ Е.А., ОЛЕЩЕНКО А.М., ГОЛИКОВ Р.А.

*ГУ НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний
СО РАМН, Филиал ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии
в Кемеровской области»
г. Новокузнецке*

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 заслужи-

вают особого внимания в гигиеническом и эпидемиологическом плане. Не случайно в ноябре 2002 года в Государственную Думу был внесён на обсуждение вопрос о медицинских отходах, после чего самостоятельный раздел о правилах сбора, хранения и удаления отходов ЛПУ был добавлен в ранее принятый Закон «Об отходах производства и потребления» от 22.05.1998 г.

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 [6]. 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 [5].

Следует отметить, что отходы ЛПУ в связи с использованием в последние годы одноразовых инструментов, являются чрезвычайно сложными по своему составу. Главная опасность заключается в большом содержании в них различных летучих веществ и микроорганизмов. По данным исследований А.С. Басина и соавторов (1995) и ГУ ЦГСЭН г. Новокузнецка в этих отходах содержание микроорганизмов в 1000 раз больше, чем в твердых бытовых отходах, увеличено общее микробное число по сравнению с бытовыми отходами, обнаружены болезнетворные бактерии и вирусы. При этом наличие в отходах ЛПУ (лечебно-профилактических учреждений) болезнетворных организмов является одной из причин возникновения внутрибольничных инфекций (ВБИ).

Поэтому утилизация медицинских отходов является важнейшим гигиеническим вопросом, тесно связанным с профилактикой ВБИ. Утилизация медицинских отходов – одно из приоритетных направлений Госсанэпиднадзора, как было отмечено на коллегии Минздрава, посвященной профилактике ВБИ [4]. В июне текущего года в рамках Всероссийского конгресса по утилизации отходов состоялась конференция по организации утилизации медицинских отходов. По скромным подсчетам, за год в Москве образуется около 100 тыс. тонн медицинских отходов, из них около половины формируются в больницах и клиниках [7].

На протяжении 4 лет (с момента выхода СанПиНа по утилизации медицинских отходов) удалось сдвинуть проблему с «мёртвой точки». Несмотря на малочисленность установок по утилизации колюще-режущих изделий и инструментов, в которых используется комплекс физических, химических и механических методов утилизации, накоплен некоторый положительный опыт по их применению. Однако по-прежнему вопросы утилизации медицинских отходов в Москве остаются нерешенными. Например, сбор, накопление и захоронение медицинских отходов классов «Б» и «В» осуществляется вместе с твердыми бытовыми

отходами, т.е. они идут на общегородскую свалку (полигоны), что ведет к загрязнению почвы, воды и продуктов питания.

Из-за отсутствия налаженной технологии утилизации отходов их обеззараживание осуществляется в основном химическим способом, т.е. с помощью применения дезинфектантов, что, с одной стороны, не гарантирует уничтожение возможных возбудителей инфекций, а с другой – ведет к загрязнению окружающей среды. В свою очередь, выделяемый активный хлор при сжигании образует токсичные соединения – диоксины, оказывающие тератогенное и канцерогенное действие на все живое и обладающие кумулятивными свойствами [7].

Технология каждого из этапов обращения с отходами не обеспечена техническими средствами: в ЛПУ отмечается недостаток емкостей для механического снятия и сбора игл, тележек для закрепления пакетов и других вспомогательных материалов.

В ряде крупных больниц обезвреживание отходов классов «Б» и «В» осуществляется децентрализованно, т.е. они утилизируются путем сжигания в печах, размещенных на территориях этих больниц. Такой способ утилизации приводит к осложнению экологической обстановки не только на территории больницы, но и на прилегающей к ней территории селитебной зоны.

Таким образом, внедрение экологически безопасных технологий утилизации медицинских отходов позволит улучшить санитарно-эпидемиологическую обстановку не только в стационарах города, но и на прилегающих к ним территориях, что особенно актуально в условиях плотной застройки и проживания населения Москвы [7].

Поэтому внедрение безопасной системы управления отходами ЛПУ является важным элементом обеспечения безопасности населения и окружающей среды в целом.

Наличие в составе медицинских отходов инфицированного материала ставит их на одно из первых мест по степени опасности в санитарно-гигиеническом и экологическом плане [3]. Поэтому обеспечение эпидемиологической безопасности каждого этапа в процессе удаления медицинских отходов и исключение возможности контакта с ними для повторного использования лицами группы риска (наркоманами) являются чрезвычайно актуальными.

Следует отметить, что глубоких гигиенических и экологических исследований в России по изучению образования, состава, сбора, временного хранения, а также детальных исследований количества образующихся отходов по классам опасности в структуре ЛПУ города не проводилось.

В 1999 году введен в действие СанПиН 2.1.7.728-99 «Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учрежде-

ний», который является основным нормативным документом, регулирующим обращение отходов ЛПУ [1].

Все отходы ЛПУ по степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности разделяют на пять классов (СанПиН 2.1.7.728-99, п. 3.2.):

Класс «А» – неопасные отходы ЛПУ: отходы не имеющие контакта с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными, нетоксичные отходы; пищевые отходы всех подразделений ЛПУ кроме инфекционных (в т.ч. кожно-венерологических), фтизиатрических; мебель, инвентарь, неисправное диагностическое оборудование, не содержащие токсических элементов; неинфицированная бумага, смет, строительный мусор и т.д. Эти отходы должны собираться в герметичные пакеты белого цвета.

Класс «Б» – опасные отходы ЛПУ: потенциально инфицированные отходы; материалы и инструменты, загрязненные выделениями, в т.ч. кровью; выделения пациентов; патологоанатомические отходы; органические операционные отходы (органы, ткани и т.п.); все отходы из инфекционных отделений, в т.ч. пищевые; отходы из микробиологических лабораторий, работающих с микроорганизмами 3 – 4 групп патогенности [2]; биологические отходы вивариев. Эти отходы должны собираться в герметичные пакеты желтого цвета с маркировкой и надписью.

Класс «В» – чрезвычайно опасные отходы ЛПУ – все материалы контактирующие с больными особо опасными инфекциями; отходы из лабораторий, работающих с микроорганизмами 1 – 4 групп патогенности; отходы фтизиатрических, микологических больниц; отходы от пациентов с анаэробной инфекцией. Эти отходы должны собираться в местах их образования в герметичные пакеты красного цвета с маркировкой и надписью.

Класс «Г» – отходы ЛПУ, по составу близкие к промышленным; просроченные лекарственные средства, отходы от лекарственных и диагностических аппаратов, дезсредства, не подлежащие использованию, с истекшим сроком годности; цитостатики и другие химиопрепараты; ртутьсодержащие предметы и оборудование.

Класс «Д» – радиоактивные отходы ЛПУ; все виды отходов, содержащие радиоактивные компоненты.

Обращение с отходами классов «Г» и «Д» должно основываться на санитарных правилах «Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов» (СанПиН 3183-84; М., 1985).

Сложившаяся ситуация в городе Новокузнецке позволяет констатировать, что не все элементы действующей в настоящее время системы управления отходами ЛПУ соответствуют вышеуказанному норматив-

ному документу.

Для внедрения современной и безопасной системы управления отходами ЛПУ необходимо обладать исчерпывающими объективными данными о структуре и количестве образующихся отходов.

В связи с вышеизложенным руководитель Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в своем письме от 26.04.2004 г. № 1100/919-04-111 потребовал установить строгий контроль за соблюдением требований санитарного законодательства при сборе, транспортировке, временном хранении и обезвреживании отходов производства и потребления, обратив особое внимание на медицинские отходы.

Следует отметить, что неудовлетворительная организация обращения с медицинскими отходами является нарушением требований СанПиН 2.1.7.728-99 «Правила сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений» и СанПиН 2.1.3.1375-03 «Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров». Основными причинами сложившегося положения являются:

- недостаточная профессиональная подготовка персонала ЛПУ, вовлеченного в процесс обращения с медицинскими отходами, а также специалистов, осуществляющих контроль за выполнением требований СанПиН;

- отсутствие необходимого количества медицинского оборудования, инвентаря и расходных материалов для обеспечения эпидемиологически безопасной работы с отходами;

- низкий уровень исполнительской дисциплины, а также недостаточный текущий надзор.

По санитарному законодательству в каждом лечебно-профилактическом учреждении должны разрабатываться и утверждаться система обращения отходов различных классов опасности, в связи с чем оно должно быть обеспечено необходимым количеством технологического оборудования (стоек-тележек, контейнеров и др.), одноразовой упаковочной тары (пакеты, емкости). Для организации и исполнения данной работы должны назначаться только профессионально подготовленные специалисты, прошедшие курс обучения по обращению с отходами ЛПУ в системе профилактики внутрибольничных инфекций.

В этой связи Центрам Госсанэпиднадзора при осуществлении текущего надзора и выдаче санитарно-эпидемиологических заключений на виды деятельности необходимо обратить особое внимание на наличие в ЛПУ ответственных специалистов, имеющих государственное удостоверение о повышении квалификации.

Имеющиеся в отдельных литературных источниках сведения по

накоплению больничных отходов и их морфологическому составу в основном касаются городских больниц гг. Москвы и Санкт-Петербурга. В таблице 1 представлены данные исследования морфологического состава отходов городской больницы имени Баумана (1962) и твердых бытовых отходов (ТБО) г. Москвы (1962 – 1995).

Таблица 1 – Данные исследования морфологического состава отходов городской больницы имени Баумана (1962) и твердых бытовых отходов (ТБО) г. Москвы (1962 – 1995)

Фракции	Состав фракции	Процентное содержание	
		Больница имени Баумана	ТБО
Бумага	Оберточная бумага, пакеты, газеты, картон	30,0	18,4-37,5
Пищевые отходы	Фрукты, хлеб и др.	20,4	27,0-43,1
Смет, отсев	Сучья, листья, засохшая трава, мелкие предметы	22,8	11,3-23,76
Перевязочные материалы и операционные отходы	Бинты, вата, иссеченные органы	12,0	2,24-5,6
Стекло	Ампулы, банки, флаконы, бутылки	5,0	2,9-3,5
Металл	Сломанные инструменты, проволочные шины, иглы	1,6	2,4-4,0
Резина, кожа	Перчатки, грелки, обувь	0,6	0,21-3,3
Камни, керамика		3,2	1,1-1,76
Цветы		1,7	-
Гипсовые повязки		2,4	-
Кости		0,3	1,5-4,79

Следует отметить, что морфологический состав отходов городской больницы имени Баумана существенно отличается от структуры ТБО. В частности, если в отходах городской больницы имени Баумана 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 %).

По данным А.М. Мирного с соавторами (1990), специфические от-

ходы составляют 22 % от всего больничного мусора, 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 2).

Таблица 2 – 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
Общедминистративные (неинфицированные)	50,0	10,0
Пищевые отходы	30,0	6,0
Картон	9,5	1,9
Всего	100,0	20,0

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

В ходе исследования с помощью методов прогнозирования нами рассчитано количество отходов, образующихся в ЛПУ города Новокузнецка. Для расчета использованы нормы накопления твердых бытовых и приравненных к ним производственных отходов (таблица 3), а также данные о структуре учреждений здравоохранения города (таблица 4).

Таблица 3 – Нормативы накопления отходов ЛПУ города Новокузнецка

Наименование объекта, образующего отходы	Норма накопления	
	Среднегодовая (м ³)	Средняя (кг/день)
Больница (на 1 койку)	0,7	-
Поликлиника (на одно посещение)	-	0,01

Таблица 4 – Количество расчетных единиц по основным объектам ЛПУ города Новокузнецка

Объекты	Всего в городе
Больницы (количество мест)	6903
Поликлиники (посещений в день)	18093

Нами проведено исследование количества отходов, фактически образующихся в ЛПУ. Объем накопления отходов по ЛПУ города Новокузнецка за 2004 год представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Данные о количестве твердых отходов ЛПУ города Новокузнецка за 2004 год (по отчетным данным)

Вид учреждения здравоохранения	Масса отходов	
	т/год	%
Стационары	2,755	99,9
Поликлиники	0,018	0,1
Итого:	2,773	100

В результате проведенного исследования установлено, что годовое количество твердых больничных отходов в городе Новокузнецке составляет 2,8 т/год, что существенно ниже показателей, полученных расчетным путем. Это различие может быть обусловлено заниженными нормами образования отходов ЛПУ. Поэтому для формирования адекватной системы управления сбором, хранением и удалением отходов ЛПУ с помощью предусмотренных для этого средств требуется корректировка региональных норм накопления твердых бытовых и приравненных к ним производственных отходов.

Для получения вышеуказанных данных необходимо детальное исследование количества образующихся отходов по классам опасности и структуре ЛПУ города.

Кроме того, предусматривается дальнейшая работа специалистов санитарной службы по надзору в свете прав потребителей и благополучия населения, заинтересованных ведомств, а также необходимо оперативное взаимодействие в решение таких задач, как:

- правильный выбор методологии, технологий, технического обслуживания, обработки отходов на месте образования с целью обезвреживания, обезвоживания, дезинфекции, детоксикации;
- лицензирование всех видов деятельности и получение санитарно-гигиенического заключения на методы и способы переработки и утилизации отходов ЛПУ;
- проведение мониторинга по всем этапам обращения с отходами по «единой схеме»;

- усиление контроля профессиональной подготовки специалистов по обращению с отходами лечебно-профилактических учреждений.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.7.728-99 «Правила сбора, хранения и удаления отходов ЛПУ».
2. СанПиН 1.2.036-95 «Порядок учёта, хранения, передачи и транспортировки микроорганизмов 1 – 4 групп патогенности»
3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон РФ от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ.
4. Решение коллегии Минздрава России (протокол от 26.11.2002 г. № 16) «О состоянии заболеваемости внутрибольничными инфекционными болезнями и мерах по их предупреждению» // Дезинфекционное дело, 2003. – № 1. – С. 63 – 65.
5. Практическое пособие по обращению с отходами ЛПУ / Под ред. Голубева Д.А. – С-Петербург, 2001.
6. Опарин П.С. Гигиена больничных отходов. – Иркутск: Восточно-Сибирский научный центр СО РАМН, 2001.
7. О санитарно-техническом состоянии и соблюдении дезинфекционно-стерилизационного режима в стационарах города Москвы / И.А. Храпунова, Ю.Э. Емелина, Е.П. Игонина и др. // Дезинфекционное дело, 2004. – № 1. – С. 16 – 20.

УДК 628.544:629.4 (571.54)

ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ И ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ХАТХЕЕВА Е.Ф., ХАНХУНОВ Ю.М.

*Восточно-Сибирский государственный технологический университет
г. Улан-Удэ*

Правовой основой обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения негативного влияния этих отходов на здоровье человека и окружающую среду являются Федеральные законы «Об охране окружающей среды» [1], «Об отходах производства и потребления» [2], «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [3], а также принятый в 1999 г. Закон «Об охране озера Байкал» [4], который определяет правовые основы охраны уникальной экологической системы, участка мирового наследия – озера Байкал, и другие нормативно-правовые акты субъектов Российской Федерации.

Территория, в состав которой входят озеро Байкал, водоохранная зона, прилегающая к озеру, его водосборная площадь, особо охраняемые

природные территории, прилегающие к озеру, а также прилегающая к озеру Байкал территория, шириной 200 километров на запад и северо-запад от него – называется Байкальской природной территорией.

Как известно, магистральная линия Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД), связывающая западную и восточную части России, пролегает вдоль озера Байкал и огибает его с юго-западной и южной сторон. На пути следования подвижного состава по Байкальской природной территории расположены многочисленные станции. В связи с этим очень остро стоит вопрос о размещении отходов производства и потребления, опасных для экологической системы озера.

В столице Республики Бурятия, городе Улан-Удэ, находится одно из предприятий, занимающихся вопросами жизнеобеспечения станций ВСЖД – это Улан-Удэнская дистанция гражданских сооружений, водоснабжения и водоотведения (НГЧ-6).

Для осуществления своей деятельности предприятие располагает сетью производственных объектов (промплощадок), расположенных в г. Улан-Удэ (5 промплощадок: стройдвор, деревообрабатывающий цех, ряд котельных) и 25 промплощадок, расположенных на следующих станциях ВСЖД в Республике Бурятия:

- *восточное направление*: Танхой, Переемная, Мысовая, Боярск, Култушная, Посольская, Тимлюй, Селенга, Татаурово, Мостовой, Дивизионный, Улан-Удэ, Тальцы, Онохой, Илька, Челутай, Кижя;

- *южное направление*: Медведчиково, Саянтуй, Ганзурино, Оронгой, Убукун, Загустай, Гусиное Озеро, Хужир, Наушки.

НГЧ-6 занимается обслуживанием как самих станций, так и объектов коммунально-бытового и социального назначения, строительством, реконструкций зданий и объектов коммунального хозяйства, систем водо- и теплоснабжения, водоотведения (см. таблицу 1).

Нормирование объемов образования и размещения отходов производится с целью недопущения превышения предельно допустимого воздействия отходов на окружающую среду, а также охраны жизни и здоровья людей. Для поэтапного достижения нормативных объемов образования и размещения отходов природопользователям, не обеспечивающим выполнение этих нормативов, устанавливаются лимиты на образование и размещение отходов.

В процессе разработки проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) для НГЧ-6 было выявлено 42 наименования отходов. Расчёт нормативов количества образования отходов производства и потребления проведен по фактическому расходу материалов.

Вывоз отходов с территории промплощадок предприятия производится автотранспортом, принадлежащим автобазе ВСЖД г. Улан-Удэ,

находящимся в распоряжении предприятия НГЧ-6.

Таблица 1 – Динамика основных показателей производственной деятельности НГЧ-6 ВСЖД филиала ОАО «РЖД» по годам

Наименование работ	Единицы измерения	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004-2008 гг.
Капитальный ремонт	тыс. руб.	15592,7	15256,4	23068,08	26000	26000
Текущий ремонт	тыс. руб.	551	602	766	1000	1000
Выработка тепла	Гкал	22889,4	21965,6	29893,7	30000	30000
Очищение сточных вод	тыс.м ³ /год	28,7	37	43,9	60,9	60,9
Забор воды из подземного горизонта	тыс.м ³ /год	166,7	178,1	191	420	420

На балансе предприятия находятся следующие объекты социального назначения: детский лагерь «Сибиряк» (оз. Щучье), турбаза Культурная (оз. Байкал), два общежития, расположенных в г. Улан-Удэ.

В результате проведенной инвентаризации отходов, образующихся на предприятии, установлено, что в целом НГЧ-6 имеет 176 мест временного хранения отходов производства и потребления:

- на восточном направлении оборудовано 97 мест временного хранения отходов, в том числе в закрытых помещениях 7 мест, на открытой площадке – 45 мест, на иловых картах, полях фильтрации – 4 места, 41 место в контейнерах и бункерах циклонов;

- на южном направлении оборудовано 54 места временного хранения отходов: в закрытых помещениях 3 места, на открытой площадке – 29 мест, в выгребных ямах – 1 место, в контейнерах и бункерах циклонов – 21;

- в г. Улан-Удэ оборудовано 25 мест временного хранения отходов: в закрытых помещениях 6 мест, на открытой площадке – 13 и 6 мест в контейнерах и бункерах циклонов.

На балансе предприятия имеются три объекта размещения отходов: иловые карты очистных сооружений, расположенные на станциях Посольская, Мысовая, Переемная.

Анализ табличных данных показывает: отходы II класса опасности на предприятии не образуются; наблюдается тенденция уменьшения объема образования отходов IV класса опасности по годам, за счет запланированного уменьшения количества образования отходов от детско-

го лагеря «Сибиряк».

Таблица 2 – Объемы образования отходов предприятия НГЧ-6 по годам

Класс опасности	Количество наименований отходов	Количество образования отходов, т/год	
		2004-2006 гг.	2007-2008 гг.
I	1	0,078	0,078
II	-	-	-
III	2	0,288	0,288
IV	15	1150,536	1143,536
V	24	2708,396	2708,396

Согласно схеме операционного движения отходов, порядок размещения отходов следующий: в целом по предприятию образуется в 3859,298 т отходов, из них 2382,359 т (61,73 %) используется на предприятии; 1136,556 т (29,45 %) размещается на санкционированных свалках; 340,383 т (8,82 %) отходов передается другим предприятиям для использования и обезвреживания.

Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак передаются в ПМТС-3 на демеркуризацию. Стружка черных металлов незагрязненная, остатки и огарки сварочных электродов, лом черных металлов несортированный передаются для переработки в ООО «Атланта-Компани» согласно договору от 24.01.2002 г. Д 32/36. Размещение отходов на санкционированных свалках г. Улан-Удэ и г. Бабушкин проводятся согласно договорам от 01.01.2003 г № 20. и от 01.07.2004 г. № 58 .

Установлено, что на предприятии образуются следующие отходы по классам опасности:

I класс опасности – ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак;

III класс опасности – масла промышленные отработанные; масла компрессорные отработанные;

IV класс опасности – отходы упаковочной бумаги загрязненные; обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел менее 15 %); мусор строительный; лом и отходы черных металлов с примесями или загрязненные опасными веществами (тара от ЛКМ); отходы из жилищ несортированные; прочие твердые минеральные отходы (производственный мусор); ил карбидный; отходы коры; пыль (или порошок) от шлифования черных металлов с содержанием металла 50 % и более; отходы от водоподготовки, обработки сточных вод и использования воды

(мусор с решеток и очистных сооружений); отходы толи; отходы (осадки) при механической и биологической очистке сточных вод; отходы асбоцемента; отходы минерального волокна; жидкие отходы (осадки) из выгребных ям и хозяйственно-бытовые стоки;

V класс опасности – отходы цемента в кусковой форме; отходы упаковочной бумаги незагрязненные; тара и упаковка черных металлов незагрязненная; отходы горбыля, рейки из натуральной чистой древесины; стружка натуральной чистой древесины; опилки натуральной чистой древесины; абразивные круги отработанные; стружка черных металлов незагрязненная; обрезь натуральной чистой древесины; остатки и огарки стальных сварочных электродов; отходы потребления на производстве, подобные коммунальным; лом черных металлов несортированный; отходы известняка; золошлаки от сжигания углей (Азейского и Черемховского); зола древесная; пищевые отходы кухонь и предприятий общественного питания несортированные; деревянная упаковка из натуральной чистой древесины; мусор от уборки территории; стеклянный бой; древесные отходы из натуральной чистой древесины несортированные; отходы, содержащие листовой прокат стали; бой строительного кирпича; отходы полимерных материалов (отходы линолеума); отходы бумаги незагрязненные.

В проекте ПНООЛР представлены характеристики отходов, образующихся в результате деятельности предприятия НГЧ-6, мест их хранения, схема операционного движения отходов, образование объемов временного накопления отходов на территории предприятия и периодичности их вывоза.

Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение соответствует требованиям природоохранного законодательства и нормативно-технической документации, одобрен экспертной комиссией государственной экологической экспертизы и служит основанием для выдачи лимитов на размещение отходов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды».
2. Федеральный закон от 04.06.1998 г. № 89 – ФЗ «Об отходах производства и потребления».
3. Федеральный закон от 30.03.1999 г. № 52 – ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
4. Федеральный закон от 01.05.1999 г. № 94 – ФЗ «Об охране озера Байкал».

ПОРТАТИВНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР РТУТИ

АЗБУКИН А. А., БУЛДАКОВ М. А., ЗАНИН В. В., КОРОЛЕВ Б. В.,
КОРОЛЬКОВ В. А., МАТРОСОВ И. И., ТИХОМИРОВ А. А.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск.*

Металлическая ртуть и ртутьсодержащие соединения относятся к числу наиболее опасных веществ, загрязняющих окружающую среду. Повышенное содержание ртути в воздушной среде, питьевой воде и особенно в пище человека может создавать серьезную угрозу не только здоровью человека, но и самой его жизни. О чрезвычайно высокой токсичности ртути и ртутьсодержащих соединений говорит и низкий уровень предельно допустимых концентраций (ПДК) ртути: 0,3 мкг/м³ – в воздухе жилой зоны, 0,5 мкг/л – в водах хозяйственно-питьевого назначения и 2,1 мг/кг – для почвы [1].

Одним из основных каналов поступления ртути в окружающую среду является производственная деятельность человечества. Можно выделить две основные группы отраслей промышленности, выделяющих в окружающую среду значительные количества ртути. К первой группе относятся производства, добывающие и перерабатывающие руды различных металлов и углеводородное сырье (газ, нефть, уголь), а также производящие цемент и флюс для металлургической промышленности, то есть предприятия цветной и черной металлургии, предприятия нефтехимической и газоперерабатывающей промышленности, коксохимические заводы и теплоэлектростанции, работающие на органическом топливе. Вторая группа включает в себя предприятия, на которых ртуть непосредственно участвует в технологическом процессе (предприятия химической, электронной и электротехнической промышленности). В ходе функционирования перечисленных предприятий ртуть вместе с отходами их производств (в виде газовых выбросов, сточных вод и твердых отходов) попадает в окружающую среду, способствуя ее локальному загрязнению.

Для Западно-Сибирского региона общая картина антропогенного загрязнения ртутью на начало 90-х годов приведена в [2]. Согласно этой работе, основными источниками ртути для Кемеровской области являлись предприятия черной и цветной металлургии (Западно-Сибирский металлургический комбинат, Кузнецкий металлургический комбинат, Кемеровский коксохимический завод и Беловский цинковый завод), выделившие в окружающую среду суммарно около 1,3 тонны ртути в год. Несколько меньшее количество ртути (~ 1 тонна ртути в год) выброшено

в окружающую среду в результате сжигания каменного угля на теплоэлектростанциях и в частном секторе. Из предприятий, на которых ртуть непосредственно участвует в технологическом процессе, следует отметить завод «Кузбассэлемент» (Новокузнецк), потери ртути на котором составили ~ 0,7 тонны в год. Кроме того, примерно 0,3 тонны ртути в год теряется при добыче золота. Всего же на начало 90-х годов выбросы ртути в окружающую среду для Кемеровской области составили около 3,4 тонны в год, из которых ~ 2,5 тонны ртути в год выделялось в атмосферу [2]. Приведенные выше величины антропогенной эмиссии ртути следует рассматривать как количественные оценки.

В настоящее время производственная деятельность уже привела к значительному ртутному загрязнению окружающей среды, однако пока средние значения концентрации ртути в окружающей среде ниже уровней ПДК в 10 – 1000 раз. Тем не менее, узлокальный характер антропогенных источников эмиссии ртути и способность окружающей среды накапливать в себе ртуть уже сейчас создают серьезные экологические проблемы на региональном уровне. В связи с этим каждый регион требует индивидуального исследования местных источников поступления ртути в окружающую среду и оценки их мощности. Решение этой задачи возможно только при наличии портативных, надежных и высокочувствительных приборов, способных идентифицировать ртуть в большом диапазоне концентраций – от фоновых уровней, присущих данной местности, до уровней выбросов промышленных производств.

Для определения содержания ртути в окружающей среде в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск) был разработан газоанализатор РГА-11 [3]. Принцип действия газоанализатора – атомно-абсорбционная спектроскопия на линии излучения изотопа ртути ^{204}Hg с длиной волны $\lambda = 253,7$ нм с использованием продольного эффекта Зеемана. Анализ воздуха производится в условиях естественного нахождения ртути в атмосфере без предварительного концентрирования на сорбентах. Для определения содержания ртути в жидких и твердых средах газоанализатор комплектуется специальными приставками. Газоанализатор РГА-11 зарегистрирован в Госреестре средств измерений. Опыт эксплуатации газоанализатора РГА-11 показал, что основным недостатком прибора является недостаточно высокая долговременная стабильность его метрологических характеристик, обусловленная неконтролируемым временным дрейфом параметров излучения лампы и системы регистрации оптических сигналов. К недостаткам газоанализатора следует также отнести наличие в приборе дорогостоящего фотоупругого модулятора поляризации.

В настоящее время в лаборатории экологического приборостроения Института мониторинга климатических и экологических систем СО

РАН разработан новый портативный газоанализатор ртути (рисунок 1). Работа газоанализатора основана на применении метода дифференциального поглощения резонансной спектральной линии ртути с длиной волны $\lambda = 253,7$ нм с использованием поперечного эффекта Зеемана. Газоанализатор работает по двухлучевой оптической схеме с дифференциальным поглощением в каждом канале. Принципиальная оптическая схема прибора приведена на рисунке 2. Конструктивно газоанализатор выполнен в ранцевом варианте с выносным блоком управления и индикации. Питание прибора производится от аккумулятора. Управление прибором и расчет концентраций паров ртути осуществляется контроллером AVR фирмы ATMEL, который позволяет проводить измерения концентрации паров ртути в воздухе автоматически в непрерывном режиме. Для полевых работ прибор снабжен GPS-приемником и FLASH-памятью, куда заносятся измеренные значения концентрации ртути, координаты места измерения и время измерения. Емкость памяти рассчитана на 8 часов непрерывной работы прибора.

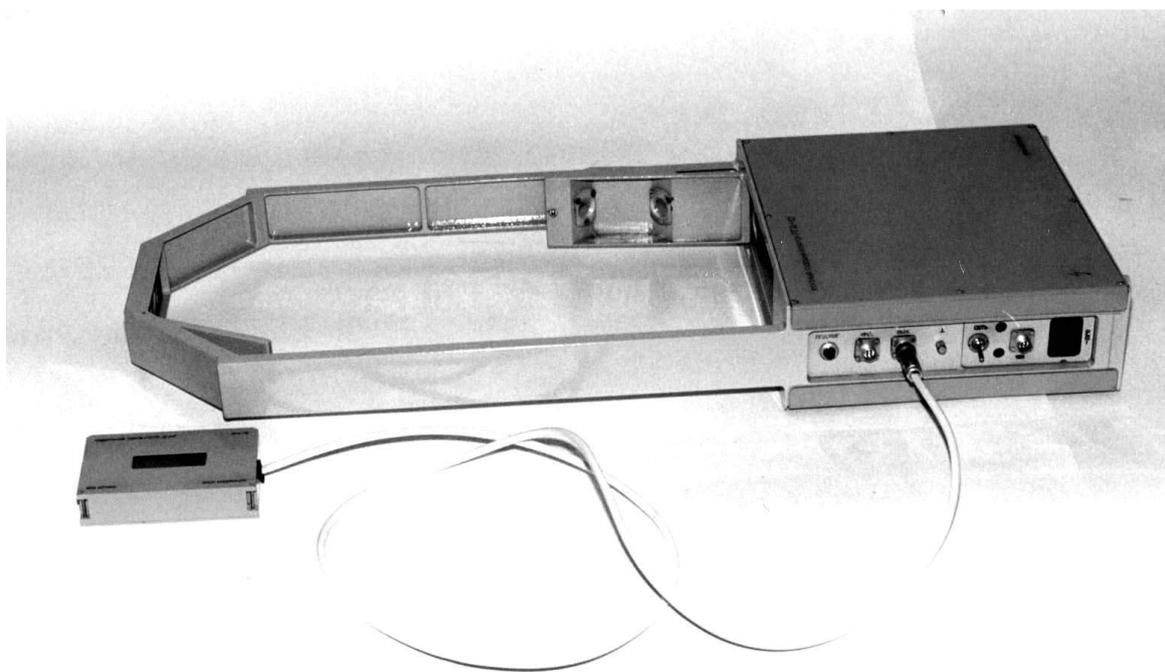


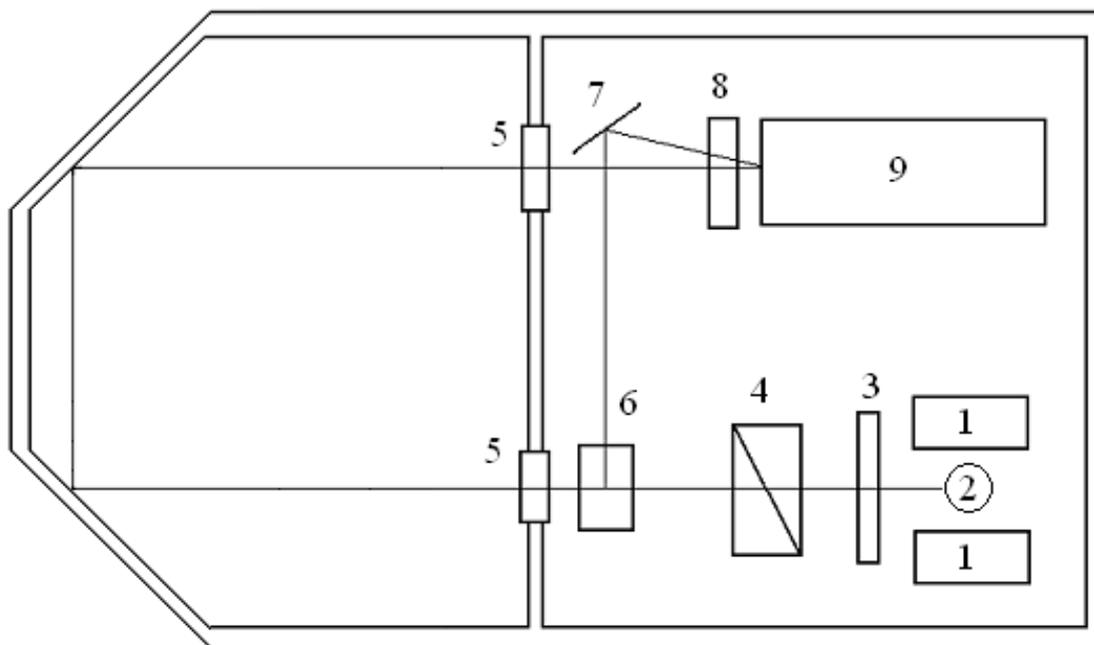
Рисунок 1 – Внешний вид портативного газоанализатора ртути

Циклический алгоритм измерения концентрации ртути в воздухе включает в себя последовательное измерение четырех оптических сигналов I_1 , I_2 , I_3 , I_4 и расчет из них концентрации ртути. Здесь I_1 – интенсивность излучения несмещенной зеемановской компоненты, прошедшей через внешнюю кювету газоанализатора, I_2 – суммарная интенсивность излучения смещенных зеемановских компонент, прошедшей через кювету газоанализатора, I_3 – интенсивность излучения несмещенной зеема-

новской компоненты, прошедшей вне кюветы газоанализатора, I_4 – суммарная интенсивность излучения смещенных зеемановских компонент, прошедшей вне кюветы газоанализатора. Вычисление концентрации ртути N_{Hg} производится с помощью соотношения

$$N_{\text{Hg}} = A + B \ln \left(\frac{I_1 I_4}{I_2 I_3} \right),$$

где A и B – коэффициенты, значения которых находятся при калибровке газоанализатора. Вычисленное значение концентрации ртути N_{Hg} отображается на цифровом табло блока управления и индикации, а также заносится в FLASH-память. Блок управления и индикации служит также для изменения ряда параметров в алгоритме работы прибора (коррекция температуры газоразрядной лампы, изменение постоянной времени прибора и т. д.).



- 1 – постоянный магнит; 2 – термостатированная лампа ВСБ-1;
 3 – модулятор фазы (полуволновая пластинка); 4 – призма Глана;
 5 – оптические окна; 6 – модулятор оптического пути; 7 – поворотное зеркало; 8 – светофильтр; 9 – фотоприемник (ФЭУ-142)

Рисунок 2 – Оптическая схема газоанализатора

Калибровка газоанализатора осуществляется с помощью эталонной кварцевой кюветы толщиной $\sim 0,1$ мм, внутрь которой помещена капля ртути, создающая в кювете давление насыщенных паров ртути. Эта-

лонная кювета может быть термостатирована в диапазоне температур 20 – 50 °С с точностью не хуже 0,1 °С. Введение такой термостатированной кюветы в оптический тракт газоанализатора с длиной хода лучей 2,7 м позволяет имитировать концентрации ртути в воздухе в диапазоне 500 – 6000 нг/м³. Методика калибровки заключается в измерении величин I₁, I₂, I₃, I₄ при различных температурах эталонной кюветы и последующем вычислении методом наименьших квадратов коэффициентов А и В. При этом значения концентраций N_{Hg} для данных температур берутся из справочной литературы и пересчитываются на длину оптического тракта газоанализатора.

Основные технические характеристики разработанного газоанализатора ртути приведены ниже:

Диапазон измеряемых концентраций, нг/м ³	30 – 20000
Предел обнаружения, нг/м ³	30
Основная погрешность измерения, не более, %	
- в диапазоне 30 – 100 нг/м ³	30
- в диапазоне 100 – 20000 нг/м ³	20
Время одного измерения, не более, с	2
Время выхода на рабочий режим, не более, мин	30
Время непрерывной работы, час	8
Напряжение питания, В	12
Потребляемая мощность, не более, Вт	10
Габаритные размеры, мм	
- измерительного блока	674×260×84
- блока индикации	130×90×26
Масса, не более, кг	5,5

Анализ приведенных технических характеристик показывает, что по своим характеристикам разработанный переносной газоанализатор не уступает другим сертифицированным отечественным и зарубежным приборам аналогичного класса [1]. К достоинствам же разработанного прибора следует отнести более высокую стабильность его показаний (по сравнению с РГА-11), простоту обслуживания, современную элементную базу, отсутствие дорогостоящего фотоупругого модулятора поляризации и приспособленность для работы в полевых условиях.

В качестве примера на рисунке 3 приведены показания газоанализатора (без использования математических методов сглаживания численных данных) при измерении содержания паров ртути в воздухе лаборатории. Хорошо видно, что величина флуктуаций показаний газоанализатора не превышает 30 нг/м³. Отметим, что использование включенных в программу математических методов численного сглаживания результатов измерений позволяет в 5 – 10 раз снизить величину флуктуаций показаний прибора, а также выбрать оптимальное соотношение между вре-

менем реакции прибора и величиной флуктуации показаний газоанализатора.

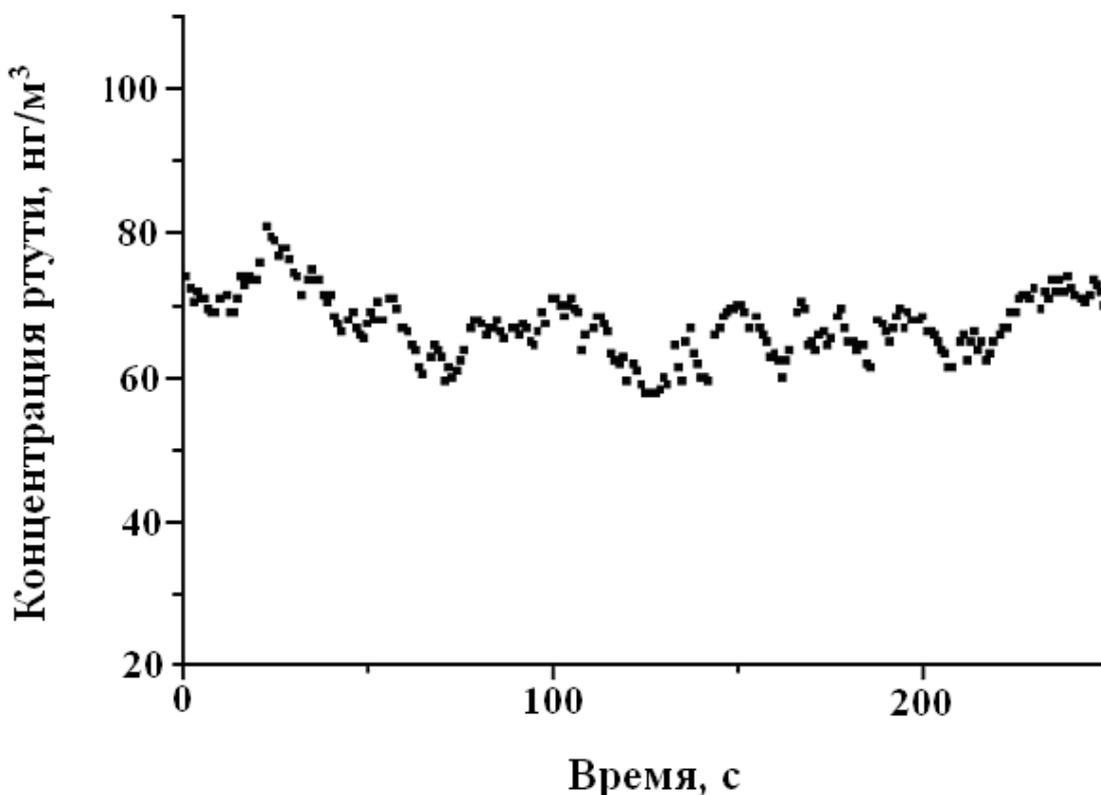


Рисунок 3 – Показания газоанализатора при измерении концентрации ртути в воздухе лаборатории

В настоящее время газоанализатор прошел полевые испытания в Красноярском крае и подготовлен к сертификации.

Библиографический список

1. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л. К. Исаева. – СПб.: Изд-во «Крисмас+». 1998. – 896 с.
2. Ягольницер М. А., Соколов В. М., Рябцев А. Д., Оболенский А. А., Озерова Н. А., Сухенко С. А., Двуреченская С. Я. Оценка промышленной эмиссии ртути в Сибири // Химия в интересах устойчивого развития. – 1995. – Т. 3, № 1-2. – С. 23 – 35.
3. Антипов А. Б., Генина Е. Ю., Головацкий Ю. А. Газоанализатор РГА и его применение для ртутного мониторинга окружающей среды // Оптика атмосферы и океана. – 2002. – Т. 15, № 1, С. 81 – 86.

СТАЦИОНАРНЫЕ ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ ОКСИДОВ АЗОТА И СЕРЫ

**АЗБУКИН А.А., БУЛДАКОВ М.А., ЗАНИН В.В., КОРОЛЕВ Б.В.,
КОРОЛЬКОВ В.А., МАТРОСОВ И.И., ТИХОМИРОВ А.А.**

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск*

Современный этап развития промышленного производства характеризуется большими объемами промышленных отходов, которые попадают в окружающую среду, способствуя ее загрязнению. Вид промышленных отходов (газовые выбросы, сточные воды, твердые и пастообразные отходы) сильно различается для различных производств и зависит от многих причин: характера и объема производства, степени модернизации технологических процессов, уровня оснащенности очистными сооружениями и т.д. В частности, наиболее крупные объемы токсичных веществ выбрасываются в атмосферу на металлургических предприятиях, коксохимических комбинатах и теплоэлектростанциях, работающих на углеводородном сырье, причем состав токсичных веществ на этих предприятиях заметно различается.

В настоящее время круг нормативно контролируемых токсичных веществ в дымовых газах теплоэлектростанций (ТЭС) относительно невелик и включает в себя только окислы азота, двуокись серы, окись углерода и золу [1]. Контроль же за выбросами других токсичных веществ не является обязательным и, как правило, на станциях не проводится. Отметим, что количество и состав выбрасываемых оксидов азота, серы и углерода в значительной степени зависит от вида топлива и режима его сжигания. Так, при сжигании природного газа оксиды серы в дымовых газах практически отсутствуют, зато они появляются в значительных количествах при сжигании таких серосодержащих видов топлива как уголь и мазут.

Контроль за объемами выбросов оксидов и их уменьшение – основные задачи природоохранной деятельности в теплоэнергетике, для решения которых применяются как портативные многокомпонентные газоанализаторы, так и стационарные автоматические газоанализаторы непрерывного действия. Первые используются для пуско-наладочных работ на ТЭС и экспресс-анализа дымовых газов службами экологического контроля, а вторые – для оптимизации процесса сжигания топлива и организации объективного и непрерывного экологического контроля за реальными объемами выбросов оксидов в атмосферу. К сожалению, стоимость иностранных приборов такого класса очень высока, а надежность и долговечность работы большинства газоанализаторов отечественного

производства вызывает серьезные нарекания при их эксплуатации. В этих условиях несомненный интерес представляет разработка надежных и относительно недорогих автоматических газоанализаторов круглосуточного действия для технического оснащения действующих и вновь создаваемых ТЭС.

В Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск) разработан автоматический стационарный газоанализатор ДОГ-1, предназначенный для измерения содержания окиси азота (NO) в дымовых газах ТЭС, работающих на природном газе [1]. Принцип действия газоанализатора – дифференциальное поглощение света в ближней УФ-области спектра (235 – 235 нм). Конструктивно газоанализатор ДОГ-1 состоит из двух блоков: измерительной головки и блока управления. Внешний вид газоанализатора приведен на рисунке 1. Измерительная головка включает в себя источник УФ-излучения (газоразрядная дейтериевая лампа), термостатированную кювету с патрубками для ввода и вывода дымового газа, узкополосный интерференционный светофильтр, закрепленный на оси шагового двигателя, и приемник УФ-излучения (фотоэлемент). Блок управления представляет собой микропроцессорную систему на основе АТmega103. В блоке управления также размещены источники питания лампы, фотоэлемента и шагового двигателя. Связь оператора с микропроцессорной системой осуществляется с помощью встроенного в блок управления клавишного пульта и ЖК-дисплея.

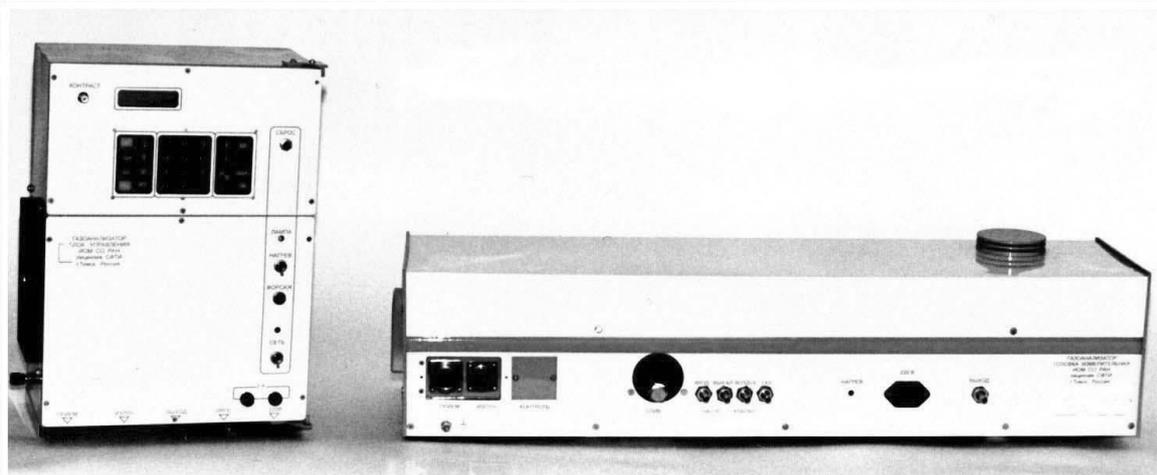


Рисунок 1 – Внешний вид газоанализатора ДОГ-1

Алгоритм работы газоанализатора ДОГ-1 включает в себя последовательное измерение двух оптических сигналов I_1 , I_2 и последующий

расчет концентрации молекул окиси азота. Здесь I_1 – зарегистрированная фотоэлементом интенсивность излучения дейтериевой лампы прошедшего через кювету с дымовым газом, когда светофильтр настроен на пропускание участка спектра с центром на 230 нм, а I_2 – зарегистрированная фотоэлементом интенсивность излучения дейтериевой лампы прошедшего через кювету при светофильтре, настроенном на пропускание участка спектра с центром на 227,6 нм. На основании полученных значений I_1 и I_2 процессор выполняет расчет концентрации молекул NO в дымовом газе по формуле

$$N_{\text{NO}} = A_1 + A_2(I_2/I_1) + A_3(I_2/I_1)^2 + A_4(I_2/I_1)^3,$$

где коэффициенты A_i находятся при калибровке газоанализатора. Полученные значения концентрации окиси азота, приведенные к стандартным условиям (температура 20 °С и давление 101,3 кПа), выводятся на экран ЖК-дисплея и подаются в виде стандартных токовых сигналов 0 – 5 мА на внешний самописец. В штатном режиме работы газоанализатор производит измерения концентрации окиси азота автоматически с интервалом в 5 секунд. Калибровка газоанализатора производится с помощью эталонных газовых смесей и заключается в измерении значений I_1 и I_2 при различных эталонных концентрациях окиси азота в кювете и последующем вычислении коэффициентов A_i методом наименьших квадратов. Основные технические характеристики газоанализатора ДОГ-1 приведены в таблице 1.

Газоанализатор ДОГ-1 прошел двухлетние производственные испытания на Тюменской ТЭЦ-1 в условиях круглосуточной эксплуатации и внесен в Госреестр средств измерений. Мелкосерийное производство данных газоанализаторов налажено в ИМКЭС СО РАН и ООО «Сибаналитприбор» (г. Томск). К настоящему времени выпущено более 70 газоанализаторов, которые размещены на котлах всех крупных ТЭС Тюменского региона в качестве штатного средства контроля выбросов оксидов азота в атмосферу.

Важность выбора оптимального режима сжигания топлива показана на рисунке 2, где приведены показания газоанализатора ДОГ-1 при различных режимах сжигания топлива на одном из котлов Тюменской ТЭЦ-1 [2], полученные в ходе производственных испытаний газоанализатора ДОГ-1 на Тюменской ТЭЦ-1. На графике хорошо просматриваются пять режимов работы котла, причем концентрация окиси азота в дымовых газах в значительной степени зависит от режима сжигания топлива.

Экологический и экономический эффекты от использования газоанализаторов ДОГ-1 можно проследить на примере Тюменской ТЭЦ-1, все котлы которой оснащены этими газоанализаторами. В настоящее

время на Тюменской ТЭЦ-1 для каждого котла разработана режимная карта, где приведены показания газоанализатора, которые должны быть при оптимальном сжигании газа, для различных режимов работы котла. Такие карты позволяют оператору по показаниям газоанализаторов оперативно следить за показателями сжигания топлива, и, соответственно, контролировать оптимальный режим сжигания природного газа. Одновременно, такой непрерывный контроль за концентрацией окиси азота в дымовых газах позволяет перейти от расчетного метода определения валовых выбросов оксидов азота к их фактическим значениям. В результате таких мер, величина валового выброса оксидов азота для Тюменской ТЭЦ-1 снизилась на 1500 – 1700 тонн в год (в пересчете на диоксид азота) при среднегодовом валовом выбросе в ~ 5000 тонн [3].

Таблица 1 – Основные технические характеристики газоанализаторов ДОГ-1 и ДОГ-4

Техническая характеристика	ДОГ-1	ДОГ-4
Измеряемый компонент	NO	NO, SO ₂
Диапазон измерения NO, мг/м ³	0 – 1000	0 – 1000
Максимальная погрешность измерения NO, %	10	10
Диапазон измерения SO ₂ , мг/м ³	–	0 – 1000
Максимальная погрешность измерения SO ₂ , %	–	10
Время одного измерения, с	5	10
Напряжение питания, В/Гц	220/50	220/50
Потребляемая мощность, ВА, не более	150	100
Габаритные размеры, мм	–	770×355×320
измерительная головка	870×140×200	–
блок управления	280×280×380	–
Масса, кг, не более	–	25
измерительная головка	15	–
блок управления	10	–
Ресурс непрерывной работы, час	9000	9000

Более наглядно выражен экономический эффект от использования газоанализаторов ДОГ-1 на мощных Сургутских ГРЭС. Здесь переход от расчетных объемов выбросов оксидов азота на фактические снизил эту величину на 25300 тонн. В результате этого годовая плата за загрязнение атмосферы оксидами азота для Сургутских ГРЭС в 1999 году снизилась на 1,8 млн. рублей, что значительно превышает стоимость газоанализаторов и их монтаж на данных ГРЭС.

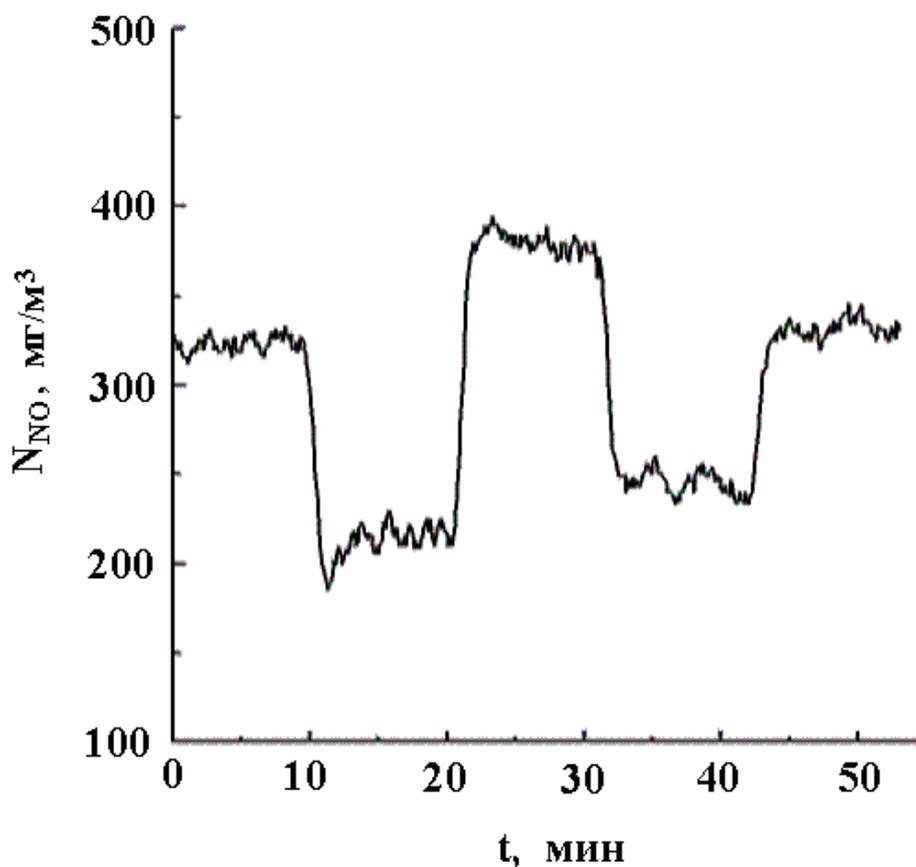


Рисунок 2 – Концентрация молекул NO в дымовых газах при различных режимах сжигания природного газа

Для условий Западной Сибири, где большинство котлов ТЭС постоянно или периодически сжигают серосодержащие виды топлива (уголь, мазут) и часто с заметным разбросом по содержанию серы, несомненный интерес представляет разработанный в ИМКЭС СО РАН новый автоматический газоанализатор ДОГ-4 [4]. Этот газоанализатор предназначен для непрерывного измерения концентраций молекул окиси азота (NO) и двуокиси серы (SO₂) в дымовых газах ТЭС, работающих на любом виде органического топлива. Работа газоанализатора основана на использовании метода дифференциального поглощения света в УФ-области спектра (220 – 235 нм). Конструктивно газоанализатор ДОГ-4 оформлен в виде моноблока, внешний вид которого показан на рисунке 3. Газоанализатор включает в себя источник УФ-излучения (газоразрядная дейтериевая лампа), термостатированную кювету с патрубками для ввода и вывода дымового газа, специальный призмный монохроматор с оригинальным устройством сканирования спектра, приемник УФ-излучения (фотоэлемент) и модуль управления, представляющий собой микропроцессорную систему на основе ATmega103. Связь оператора

с микропроцессорной системой осуществляется с помощью встроенного в блок управления клавишного пульта и ЖК-дисплея.



Рисунок 3 – Внешний вид газоанализатора ДОГ-4

Алгоритм работы газоанализатора ДОГ-4 включает в себя последовательное измерение трех оптических сигналов I_1 , I_2 , I_3 и последующий расчет из них концентраций молекул окиси азота (NO) и двуокиси серы (SO_2). Здесь I_i – зарегистрированная фотоэлементом интенсивность излучения дейтериевой лампы прошедшего через кювету с дымовым газом, когда монохроматор пропускает участок спектра с центром на длине волны λ_i , где $\lambda_1 = 230$ нм, $\lambda_2 = 227,6$ нм и $\lambda_3 = 224$ нм. Расчет концентраций молекул окиси азота N_{NO} и двуокиси серы N_{SO_2} производится путем решения системы уравнений

$$I_2/I_1 = B_1 + B_2 N_{NO} + B_3 N_{SO_2} + B_4 N_{NO}^2 + B_5 N_{SO_2}^2 + B_6 N_{NO} N_{SO_2},$$

$$I_3/I_1 = C_1 + C_2 N_{NO} + C_3 N_{SO_2} + C_4 N_{NO}^2 + C_5 N_{SO_2}^2 + C_6 N_{NO} N_{SO_2},$$

где численные значения коэффициентов B_i и C_i находятся при калибровке газоанализатора. Решение приведенной системы нелинейных уравнений производится итерационным способом, в качестве «нулевого» приближения в котором используются значения N_{NO}^0 и $N_{SO_2}^0$, являющиеся решением упрощенной системы уравнений

$$I_2/I_1 = B_1 + B_2 N_{NO}^0 + B_3 N_{SO_2}^0$$

$$I_3/I_1 = C_1 + C_2 N_{\text{NO}}^0 + C_3 N_{\text{SO}_2}^0.$$

Этот итерационный алгоритм обеспечивает однозначный расчет концентраций окиси азота N_{NO} и двуокиси серы N_{SO_2} с точностью до 1 мг/м^3 уже после двух итераций. Полученные значения концентраций окиси азота и двуокиси серы, приведенные к стандартным условиям (температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давление $101,3 \text{ кПа}$), выводятся на экран дисплея и подаются в виде стандартных токовых сигналов $0 - 5 \text{ мА}$ на внешние самописцы. В штатном режиме работы газоанализатор производит измерения концентраций окиси азота и двуокиси серы автоматически с интервалом в 10 секунд. Основные технические характеристики газоанализатора ДОГ-4 приведены в таблице 1.

Калибровка газоанализатора производится с помощью эталонных газовых смесей и заключается в измерении значений I_1 , I_2 и I_3 при различных эталонных газовых смесях с известными концентрациями молекул окиси азота N_{NO} и двуокиси серы N_{SO_2} и последующим определении коэффициентов B_i и C_i .

В настоящее время газоанализатор ДОГ-4 прошел производственные испытания на Томской ГРЭС-2 и подготовлен к сертификации.

По своим техническим характеристикам газоанализаторы ДОГ-1 и ДОГ-4 не уступают зарубежным приборам аналогичного класса, но при этом их стоимость значительно ниже.

Библиографический список

1. Пат. 2029288 Россия, МКИ³ G 01 N 21/61. Газоанализатор / М. А. Булдаков, И. И. Ипполитов, Б. В. Королев, В. Е. Лобецкий, И. И. Матросов. – № 5060908/25; Заяв. 30.06.1992; Опубл. 20.02.1995, Бюл. № 5.
2. Ипполитов И. И., Булдаков М. А., Жилицкий А. Ф., Королев Б. В., Крайнов В. В., Лобецкий В. Е., Лобода С. А., Матросов И. И., Тигеев С. В. Газоанализатор для измерения оксида азота в дымовых газах // Теплоэнергетика, № 10, С. 63 – 65, 1994.
3. Ипполитов И. И., Булдаков М. А., Жилицкий А. Ф., Каранкевич Е. Н., Королев Б. В., Крайнов В. В., Матросов И. И., Тигеев С. В. Опыт эксплуатации газоанализаторов «Оксид» на Тюменской ТЭЦ-1 // Теплоэнергетика, № 10, С. 56 – 58, 1999.
4. Пат. 2244291 Россия, МПК⁷ G 01 N 21/61. Двухкомпонентный оптический газоанализатор / А. А. Азбукин, М. А. Булдаков, В. В. Занин, Б. В. Королев, В. А. Корольков, И. И. Матросов. – № 2002133432/28; Заяв. 10.12.2002; Опубл. 10.01.2005, Бюл. № 1.

ООО «ИнЭкА-консалтинг»

Оптимизация деятельности в области природопользования позволяет снизить финансовые и правовые риски. Систематизация пакета разрешительной документации, связанной с выбросами, сбросами загрязняющих веществ, обращением с отходами, их вывозом и захоронением, позволит Вам не только снизить расходы, но и улучшит взаимоотношения Вашей организации с природоохранными органами, общественностью и населением.

Эффективная природоохранная деятельность предприятия способствует повышению экологической культуры и уровня образования персонала, имиджа организации.

За прошедшие 10 лет наш коллектив накопил обширный опыт реализации как локальных так и масштабных проектов связанных с различными аспектами природоохранной деятельности. И этот бесценный опыт не лежит мертвым грузом: наши специалисты постоянно принимают участие в издании экологического бюллетеня, семинарах и круглых столах различного уровня, проводят большой объем консультационных работ.

Основными видами деятельности ООО «ИнЭкА-консалтинг» являются:

- подготовка документов по экологическому обоснованию хозяйственной деятельности;
- оказание консалтинговых услуг в области экологического менеджмента организаций;
- разработка проектов нормативов образования и лимитов размещения отходов;
- разработка паспортов опасных отходов и расчет класса опасности отходов;
- подготовка материалов для лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами, представляемых на государственную экологическую экспертизу.
- разработка проектов нормативов предельных норм выбросов и сбросов загрязняющих веществ;
- разработка проектов водопотребления и водоотведения;
- проведение оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду (ОВОС) и разработка разделов «Охрана окружающей среды» в составе предпроектной и проектной документации;
- организация и проведение экологического аудита;
- оценка рисков и ущербов окружающей природной среде и здоровью населения;
- разработка проектов планов и программ в области охраны окружающей среды.

На нашем сайте (по адресу: <http://consulting.ineca.ru>) можно ознакомиться с нашим опытом и спектром выполняемых работ. Кроме того, там можно задать вопросы нашим специалистам и получить квалифицированный ответ. Наиболее интересные и значительные моменты обсуждений различных аспектов природопользования, нормативной базы постоянно доступны на нашем сайте.

ООО «ИнЭкА-консалтинг», 654027, Кемеровская обл.,
г. Новокузнецк, ул. Лазо, 4
Тел./факс: (3843) 42-03-37, 42-19-85, 42-00-93, 42-13-19;
e-mail: ser@ineca.ru

**СБОР, ТРАНСПОРТИРОВКА, РАЗДЕЛЕНИЕ,
ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ**

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

**МОКРИНСКИЙ А.В., ЛАВРИК А.Н., ПРОТОПОПОВ Е.В.,
ШАКИРОВ К.М., СОКОЛОВ В.В., ГАНЗЕР Л.А.**

*ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Как известно, проблема рационального использования промышленных отходов тесно связана с эффективностью производства и защитой окружающей среды.

В настоящее время существует целый ряд предложений перерабатывать твердые отходы в высокотемпературных агрегатах типа шахтных печей, в том числе с плазменным нагревом. Все большее внимание специалистов привлекает использование в данном направлении конвертерного процесса, анализ энергетического баланса которого показывает возможность переработки металлосодержащих отходов при различном соотношении основных составляющих металлозавалки.

В соответствии с развиваемыми положениями предварительно разработаны основные теоретические и технологические положения процесса конвертирования металла с использованием в металлозавалке железосодержащих отходов прокатного производства (прокатной окалины).

Следует отметить, что при переработке в конвертерах значительных количеств прокатной окалины необходимо наряду с окислительным рафинированием чугуна обеспечить восстановление дополнительного количества оксидов железа.

Количество окалины $m_{i\hat{e}}^*$, эквивалентное по охлаждающему эффекту обычно используемому количеству металлолома $m_{i\check{e}}^*$, находили с учетом тепловых эффектов реакций восстановления из соотношения

$$m_{ок}^* = m_{мл}^* \cdot \frac{M_{ок}}{M_{Fe}} \cdot \frac{\Delta H_{мл}^\circ}{(\Delta H_{ок}^\circ + \sum_{i=1}^k \alpha_{ок} \cdot \Delta_{гi} H_{ок}^\circ)}, \quad (1)$$

в котором $\Delta H_{мл}^\circ$ и $\Delta H_{ок}^\circ$ – количества теплоты, необходимые для нагрева до температуры ванны и расплавления одного моля соответственно металлолома (основа – Fe) и окалины (основа – Fe₃O₄), Дж/моль; $\alpha_{ок}$ и $\Delta_{гi} H_{ок}^\circ$ – соответственно степень и тепловой эффект восстановления ок-

сидов железа i -тым компонентом (C, Si, P, Mn), растворенным в жидком металле; $M_{\text{ок}}$ и M_{Fe} – молекулярные массы Fe_nO_m и Fe.

С другой стороны, учитывая, что окалина является не только охладителем, но и окислителем (в отличие от металлолома), необходимо в тепловом балансе компенсировать потери от замены газообразного кислорода на конденсированный. Как известно, при окислении примесей чугуна газообразным кислородом тепла выделяется больше, чем при окислении оксидами железа.

Количество углерода m_{C}^* , которое необходимо израсходовать для компенсации потерь тепла, связывали с термодинамическими характеристиками веществ и реакций

$$m_{\text{C}}^* = 0,01 \cdot \frac{m_{\text{мл}}^*}{(1 - \Theta_{\text{мл}}^*)} \cdot \frac{\Delta H_{\text{мл}}^{\circ}}{\Delta H_{\text{C}}^{\circ} (\Delta H_{\text{ок}}^{\circ} + \sum_{i=1}^k \alpha_{\text{ок}i} \Delta_{\text{Г}i} H_{\text{ок}}^{\circ})} \frac{Q_{\text{хр}}^{\text{уд}}}{V_{\text{O}_2}^{\text{уд}}}, \quad (2)$$

где $\Delta H_{\text{C}}^{\circ} = [\Delta H_{\text{C},\text{O}_2}^{\circ} + \alpha_{\text{C}}^{\text{CO}} \Delta_{\text{Г}} H_{\text{CO}}^{\circ} + \alpha_{\text{C}}^{\text{CO}_2} \Delta_{\text{Г}} H_{\text{CO}_2}^{\circ}]$; (3)

$Q_{\text{хр}}^{\text{уд}}$ – удельная теплота химических реакций, Дж/кг; $V_{\text{O}_2}^{\text{уд}}$ – удельный расход кислорода, $\text{нм}^3/\text{кг}$; $\Theta_{\text{мл}}^* = m_{\text{мл}}^* / m_{\text{мш}}^*$ – доля металлолома в шихте.

Приближенную оценку величин $m_{\text{ок}}^*$ и m_{C}^* проводили с использованием справочных данных [1, 2]. Так при допущении, что основу окалины составляет оксид Fe_3O_4 , металлолома – Fe, степень восстановления Fe_3O_4 равна 0,9; доля CO в продуктах горения – 0,9, при нагреве материалов до температуры ванны $T_{\text{в}}=1600\text{K}$ (в конце восстановительного периода), получим $m_{\text{ок}}^* \approx 0,3m_{\text{мл}}^*$ и $m_{\text{C}}^* \approx 0,1m_{\text{мл}}^*$.

Таким образом, охлаждающий эффект окалины оказывается в среднем в 3 – 4 раза больше, чем у металлолома, что практически совпадает с эмпирическими данными [3]. При этом полная замена традиционно используемого в конвертерном процессе доли металлолома в шихте $\Theta_{\text{мл}}^* \approx 0,25$ позволяет без нарушений теплового баланса перерабатывать количество окалины $m_{\text{ок}}^* \approx 0,3 \cdot 0,25 \cdot m_{\text{мш}}^* = 0,075m_{\text{мш}}^*$, т.е. всего 7 – 8 % от массы металлошихты.

Переработка дополнительного количества окалины $m'_{\text{ок}}$ требует использования и дополнительного количества углерода m'_{C} , соотношение между которыми определяли исходя из тепловых эффектов реакций восстановления оксидов железа и горения твердого углерода

$$\frac{m'_{\text{C}}}{m'_{\text{ок}}} = \frac{M_{\text{C}}}{M_{\text{ок}}} \cdot \frac{\Delta H_{\text{ок}}^{\circ} + \sum_{i=1}^k \alpha_{\text{ок}i} \Delta_{\text{Г}i} H_{\text{ок}}^{\circ}}{\Delta H_{\text{C}}^{\circ}}. \quad (4)$$

Тогда соотношение суммарных количеств углерода и окалины, задаваемых на плавку, определяется равенством

$$\frac{m_C}{m_{ок}} = \frac{m_C^* + m'_C}{m_{ок}^* + m'_{ок}} \quad (5)$$

Полученные уравнения (1 – 5), дополненные уравнениями теплового баланса, позволяют рассчитать температуру ванны при любом соотношении количеств окалины и углерода.

В соответствии с разработанной технологией [4] плавка ведется в два основных периода: восстановительный и окислительный. Продолжительность и параметры первого, восстановительного, периода оценивали исходя из допущения возможного снижения температуры конденсированных фаз в ванне не более чем на 50 – 100 градусов выше температуры ликвидус, что позволяет поддерживать жидкоподвижность, рафинирующую способность шлака и интенсивность проведения массообменных процессов на необходимом уровне.

Сравнение экспериментальных данных и расчетных значений степени восстановления окалины и температуры ванны в конце первого периода показало значительное превышение реальных величин над расчетными, полученными в предположении, что в присутствии больших количеств твердого углерода равновесный состав газовой фазы определяется реакцией газификации углерода.

Существование дополнительного прихода тепла в тепловом балансе плавки, обнаруженное экспериментально, может быть обусловлено двумя причинами.

Первая причина – развитие реакции дожигания CO до CO₂ в полости конвертера. Учитывая значительные размеры системы, распределенность ее параметров в рабочем пространстве конвертера и особенности механики взаимодействия фаз (шлак изолирует газовую фазу от металла и углеродсодержащего материала), можно допустить, что усредненный состав газовой фазы определяется и другими реакциями. Так, в соответствии с данными [5 – 7] состав газовой фазы существенно зависит от окисленности шлаковой фазы (таблица 1), т.е. от соотношения в ней концентрации ионов двух- и трехвалентного железа.

Таблица 1 – Зависимость отношения равновесных концентраций CO₂ и CO от окисленности шлака (N_O/N_{Fe})

t, °C	1500			
N _O /N _{Fe}	1,04	1,07	1,10	1,15
(%CO ₂)/(%CO)	0,384	0,886	1,893	6,60

Продолжение таблицы 1

t, °C	1600									
N _O /N _{Fe}	1,04	1,07	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,33	1,34	1,37
(%CO ₂)/(%CO)	0,425	0,952	1,970	6,48	20	63,1	224	550	668	1660

Как видно, в зависимости от окисленности шлака (отношение N_{O}/N_{Fe} , предельное значение которого для Fe_3O_4 достигает 1,33) степень дожига CO до CO_2 может достигать практически единицы.

Вторая причина – преимущественное развитие в первом периоде реакций восстановления оксидов железа кремнием, фосфором, которые идут с выделением тепла в отличие от эндотермической реакции восстановления углеродом. Так, расчеты с использованием вышеприведенных уравнений показывают, что в зависимости от доли участия кремния в восстановлении окалины масса углерода, необходимая для компенсации теплового баланса может колебаться в значительных пределах $m_C = (\sim 0 \dots 15)m_{мл}$. Т.е. при участии кремния в восстановлении оксидов железа сжигание углерода в количестве $m_C = 0,1 \cdot m_{мл}$ дает дополнительное количество тепла, создавая резерв для увеличения количества перерабатываемых материалов.

Смещение реакций восстановления оксидов железа кремнием в начальный период достигается интенсивным перемешиванием жидкой ванны за счет замены части газообразного кислорода на нейтральный газ и ограничением количества присаживаемого в завалку углерода.

Анализ полученных в производственных условиях данных показывает, что расход прокатной окалины в пределах 100 – 125 кг/т (15 – 18 т) приводит к значительному увеличению расхода жидкого чугуна вплоть до 1025 – 1050 кг/т, а себестоимости стали – на 6 – 7 % по сравнению с плавками, охлажденными металлоломом.

Результаты промышленных плавов с увеличенным до 20 – 25 % от веса металлозавалки расходом окалины, а также расчетами материальных и тепловых балансов плавов подтверждают технологическую возможность и экономическую целесообразность переработки в кислородных конвертерах значительно большего количества оксидных железосодержащих отходов (прокатной окалины, шлаков, шламов МНЛЗ) вплоть до полной замены ими жидкого чугуна.

Как показано ранее, снижение расхода чугуна, компенсируемого прокатной окалиной, требует использования в качестве теплоносителя и восстановителя углеродсодержащих материалов, а для их сжигания повышенного количества кислорода. Соотношение расходов чугуна, прокатной окалины, коксовой мелочи и кислорода, обеспечивающих стандартную металлозавалку (для 160-т конвертеров – 152 – 154 т) и получение равновесной плавки массой 141 – 143 т, представлено на рисунке 1.

Столь существенные различия в расходе чугуна и добавочных в процессе с жидкофазным восстановлением должны отразиться и на себестоимости выплавляемой стали, которую необходимо сравнивать с ее величиной при традиционной технологии с охлаждением плавки металлоломом.

Как известно, затраты на металлошихту и добавочные материалы составляют более 80 % себестоимости стали, поэтому целесообразно сопоставление этих затрат при различных соотношениях компонентов металлошихты. Выполненные расчеты показывают (рисунок 2), что затраты на добавочные материалы и традиционную металлошихту, состоящую из чугуна и металлолома (вариант 1), равны затратам на чугун, прокатную окалину, коксовую мелочь, кислород и азот в технологии с жидкофазным восстановлением при расходе прокатной окалины в количестве ~ 250 кг/т стали (вариант 3). Восстановление такого количества прокатной окалины вызовет существенный дефицит тепла, который может быть компенсирован за счет использования ~ 65 кг/т коксовой мелочи или энергетического угля.

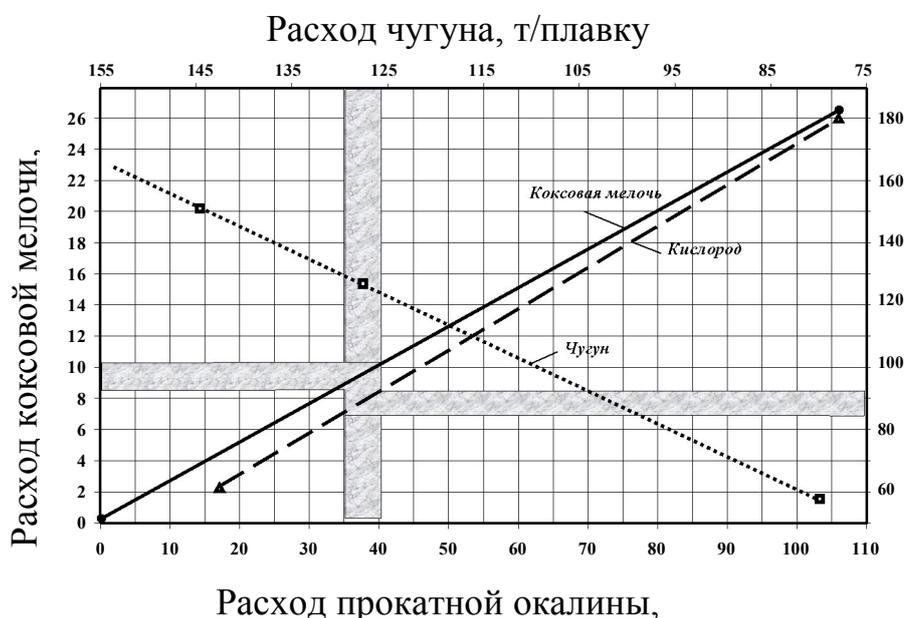


Рисунок 1 – Соотношение расходов чугуна, окалины, кислорода и коксовой мелочи в конвертерном процессе с жидкофазным восстановлением

Подача увеличенного количества дополнительных сыпучих материалов в конвертер сопряжена с техническими трудностями, которые явились причиной ограничения массы прокатной окалины, используемой на плавку (~ 15 – 18 т) для 160-т конвертеров. При таком расходе прокатной окалины затраты на металлошихту и добавочные материалы были на 5,6 % больше (вариант 2), чем по варианту 1 с охлаждением плавки металлоломом.

Реконструкция тракта сыпучих материалов для увеличения его пропускной способности или подача сыпучих железосодержащих материалов и коксовой мелочи в совках для металлолома позволит реализо-

вать технологию конвертерного процесса с переработкой до 40 т прокатной окалины на плавку (вариант 3). Дальнейшее повышение расхода окалины при соответствующем снижении расхода жидкого чугуна приведет к росту дефицита тепла (рисунок 3), который уже нельзя будет компенсировать только за счет сжигания углеродсодержащих материалов, поскольку значительное количество неиспользованной энергии угля покидает жидкую ванну с отходящими газами.

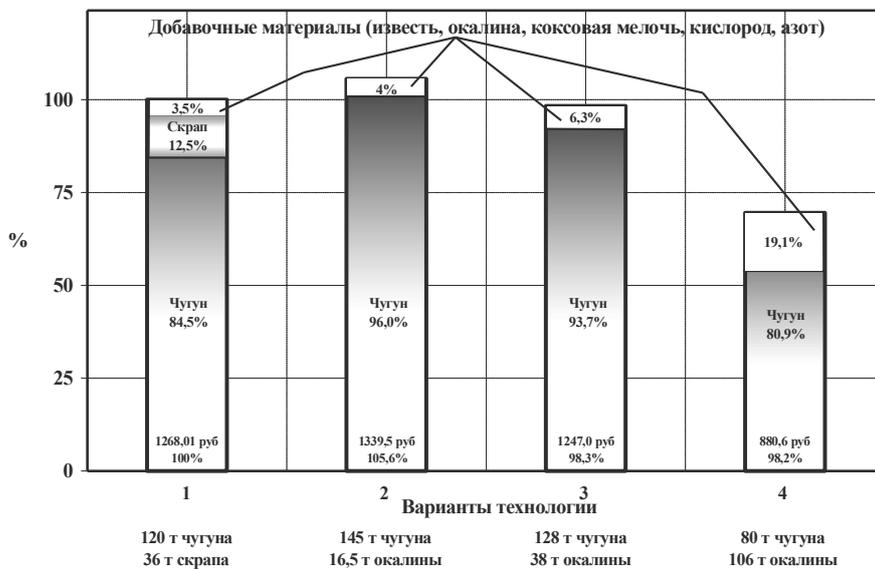


Рисунок 2 – Затраты на металлошихту и добавочные материалы при различных вариантах конвертерного процесса

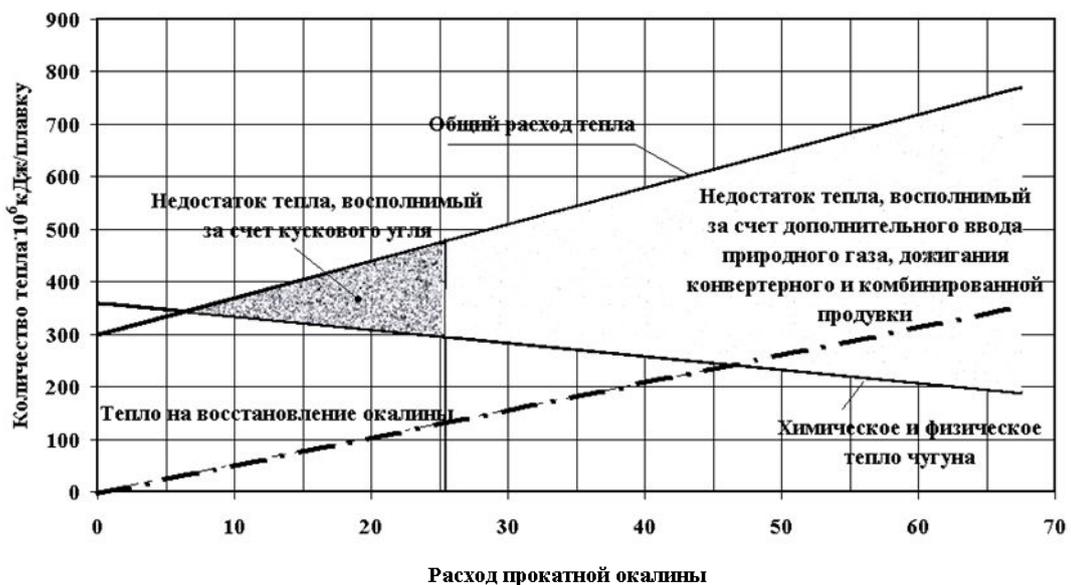


Рисунок 3 – Баланс тепла в конвертерном процессе с различным расходом прокатной окалины

Расходные коэффициенты основных и добавочных материалов при различных вариантах конвертерного процесса и их вклад в себестоимость стали приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расходы на металлошихту и добавочные материалы при различных вариантах конвертерного процесса

Наименование затрат	Цена, усл. руб.	Шихтовка плавки							
		120 т чугуна 36 т скрапа		145 т чугуна 16,5 т ока- лины		128 т чугуна 38 т окали- ны		80 т чугуна 106 т ока- лины	
		кол- во	руб.	кол- во	руб.	кол- во	руб.	кол- во	руб.
Жидкий чугу- н, т/т	1250,25	0,8532	1066,7	1,035	1294,0	0,935	1169,0	0,570	712,6
Металлолом, т/т	615,0	0,2576	158,6	-	-	-	-	-	-
Окалина, т/т	36,0	0,0107	0,55	0,114	4,1	0,268	9,7	0,757	27,3
Известь, т/т	222,45	0,066	14,8	0,06	13,3	0,08	17,8	0,08	17,8
Коксовая ме- лочь, т/т	357,08	0,006	2,07	0,029	10,2	0,064	22,8	0,189	67,5
Кислород, т/т	279,95	0,088	24,6	0,060	16,8	0,089	24,9	0,180	50,4
Азот, т/т	69,70	0,01	0,69	0,015	1,1	0,040	2,8	0,071	5,0
Итого, руб.		1268,01		1339,5		1247		880,6	
Расходы относительно варианта с охлаждени- ем плавки скрапом		100 %		105,6 %		98,3 %		69,5 %	

Представленные данные свидетельствуют о том, что только существенное повышение количества используемой в конвертерной плавке прокатной окалины обеспечивает снижение себестоимости стали ниже уровня, характерного для варианта с использованием металлолома.

Основные технико-экономические показатели процесса получения стали из шихты, состоящей из 50 % (по железу) прокатной окалины и 50 % жидкого чугуна характеризуются следующими значениями:

1. Расход основных материалов, кг/т, м³/т стали: жидкий чугун – 570; прокатная окалина – 757; коксовая мелочь – 189; кислород – 180; известь – 80; азот – 71.

2. Продолжительность плавки, час-мин – 1-20.

3. Производительность 150-т агрегата, т/час – 105,0.

4. Выход шлака, кг/т – 215,0.

5. Сквозной выход железа, % – 92,0.

6. Снижение затрат на основные и добавочные материалы по

сравнению с вариантом использования металлолома, % – 30.

Отмеченные закономерности свидетельствуют о широких возможностях технологии конвертерной плавки с жидкофазным восстановлением и высокой эффективности ее использования для переработки железосодержащих отходов. Некоторый опыт эксплуатации, отработанные технические режимы и конструктивное оформление агрегата позволяет рекомендовать разработанную технологию к широкому промышленному внедрению на предприятиях отрасли.

Библиографический список

1. Эллиот Д.Ф., Глейзер М., Рамокришна В. Термохимия сталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1969. – 252 с.
2. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочник в 4-х томах. – М.: Наука, 1978. – 326 с.
3. Баптизманский В.И., Бойченко Б.М., Черевко В.П. Тепловая работа кислородных конвертеров. – М.: Металлургия, 1988. – 174 с.
4. Способ выплавки стали в конвертере / Р.С. Айзатулов, В.В. Соколов, Е.В. Протопопов и др. // RU 2107737, 1998, БИ №9, с. 312.
5. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1986.- 463с.
6. Есин О.А., Гельд П.В. Физическая химия пирометаллургических процессов. Ч.2. – М.: Металлургия, 1966. – 703с.
7. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1988. – 288с.

УДК 658.567.1

ТЕХНОГЕННЫЕ «МЕСТОРОЖДЕНИЯ» МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ МНОГИХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ТУЛЕЕВ А.Г., ПАВЛЕНКО С.И., ЛУХАНИНА Т.М.

Администрация Кемеровской области

г. Кемерово,

Сибирский государственный индустриальный университет,

Торгово-промышленный дом «Авангард»

г. Новокузнецк

Ежегодно в мире по данным ЮНЭСКО добывается и перерабатывается свыше 120 млрд. тонн минеральных и горючих ископаемых (по 20 тонн на человека) [1], в Кузбассе до 300 т (или в 15 раз больше). От этой огромной массы по данным академика Б.Н. Ласкорина используемые компоненты составляют максимум 30 – 40 %, что свидетельствует о пе-

ремещении и накоплении огромного количества вещества, изъятого из естественных условий нахождения в геосфере, переработанного, преобразованного и превращенного в отходы (60 – 70 %) [2].

Современная промышленность выпускает десятки тысяч наименований разнообразной продукции. Причем в сферу материального производства вовлекается во много раз больше исходного сырья, чем выпускается готовых продуктов. Например, на выпуск 1 т чугуна расходуется 1,5 – 2 т сырья; 1 т алюминия – 3 – 10 т; 1 т никеля – 5 – 10 т; 1 т извести – 1,5 – 2 т; 1 т цемента – 1,4 – 1,7 т сырья и т.д. При этом на разных стадиях технологического процесса возникают отходы: твердые, жидкие, газообразные, многие из которых токсичные (а используется и обезвреживается до 34 %) [3].

Главными поставщиками многотоннажных промышленных отходов являются добывающая промышленность, черная и цветная металлургия, электроэнергетика, химическая и т.д. (таблица 1).

Многие промышленные минеральные отходы (лучше вторичные минеральные ресурсы – ВМР) по своему составу и свойствам близки к природному сырью и являются источником техногенного сырья в первую очередь для промышленности строительных материалов и строительства. Появился даже новый термин «техногенные месторождения». Эти месторождения должны стать альтернативной сырьевой базой для многих отраслей и она должна изучаться и оцениваться строже, чем месторождения природного минерального сырья [3].

Таблица 1 – Выход некоторых видов промотходов в странах СНГ

Вид отходов	Примерный годовой выход		% использования
	млн. т	млн. м ³	
Вскрышные породы (отходы добывающих отраслей)	-	2500	10
Отходы угледобычи (пустые породы)	-	1300	10
Отходы углеобогащения	80	-	10
Шлаки черной и цветной металлургии, в том числе доменные	80	-	20
	-	-	80
Золы и шлаки тепловых электростанций, из них в России	100	-	12
	50	-	3-5
Отходы деревообработки	-	40-100	20-60
Строительные отходы (только на строительных площадках)	1	-	0,2-2
Фосфогипс (отход минеральных удобрений)	20	-	7,5

Современный технологический уровень пока еще не позволяет осуществлять массовую переработку всех отходов с целью извлечения ценных компонентов на приемлемом уровне рентабельности. Требуются огромные капиталовложения в научные и проектно-исследовательские работы по созданию новой технологии комплексной глубокой переработки вторичных минеральных ресурсов с целью извлечения в чистом виде всех металлов (их в отходах до 20 %), в том числе драгоценных и редкоземельных элементов и других компонентов, в одном технологическом цикле. И такая технология обязательно будет создана. Этой работой занимаются многие научные коллективы России и за рубежом, и здесь необходимо объединять усилия и ресурсы многих стран.

В настоящее же время имеются огромные количества разработок по использованию ВМР преимущественно для производства различных строительных материалов (щебня, песка, цемента, кирпича, керамики, заполнителей для бетонов различного назначения и др.), но их использование (особенно у нас в России) находится на крайне низком уровне (колеблется от 4 до 7 % от выхода ВМР в год). Такое отношение к использованию природных ресурсов ведет к экологической катастрофе. Настала пора заниматься решением этой весьма актуальной проблемой всем миром и во всех направлениях.

Этому требованию соответствует ужесточение норм экологической безопасности во всем мире и у нас в стране, резкое повышение энерготарифов, транспорта, стоимости природных ресурсов, земли и ренты, при низменном росте заработной платы.

Разработки СибГИУ совместно с МГСУ и НИИЖБ в этом направлении нашли практическое применение в строительной отрасли и металлургии, в создании новых композиционных бесцементных вяжущих и бетонов на их основе (составов и технологий с исключением природных ресурсов) различного назначения [4 – 6]. Получены патенты, Техническое свидетельство Госстроя России, почетные звания, дипломы, медали и премии регионального, российского и международного уровня.

Проблема переработки и использования ВМР, неразрывно связанная с защитой биосферы от загрязнения и сохранением природных ресурсов, должна решаться по двум стратегическим направлениям: 1) переработка и использование образующихся и уже накопленных отходов, 2) переход к новым технологическим процессам с минимальным количеством отходов или без отходов совсем.

В начало 3-го тысячелетия Кемеровская область входит, как крупнейший территориально-производственный комплекс Российской Федерации. Экономический потенциал, мощное многоотраслевое хозяйство, развитая промышленность области играют ведущую роль в экономике региона. На сравнительно небольшой площади сосредоточено около од-

ной трети основных производственных фондов Западно-Сибирского экономического района. К настоящему времени Кемеровская область приобретает значение мощного индустриального района, опорной базы промышленного развития не только Сибири, но и всей страны.

Территория области является одной из наиболее насыщенных предприятиями промышленного и горнорудного комплексов не только в России, но и во всем мире. Средний показатель добычи сырья и накопленных продуктов его переработки на каждого жителя области составляет около 300 тонн, что более чем на порядок превышает среднемировой уровень. В пределах области ежегодно добывают более 130 млн. т угля, 3,6 млн. т железной руды, выплавляют 15,1 млн. т чугуна и стали, производят 1,7 млн. т цветного металла, получают более 270 тыс. т алюминия и 330 тыс. т ферросплавов [7].

Нашим творческим коллективом в СИБГИУ совместно с институтами СО РАН (ОИГТиМ и ИХТТиМ) в рамках ФЦП «ИНТЕГРАЦИЯ» разработана схема и концептуальное направление по разработке комплексной глубокой переработки природных и ВМР (см. схему), которые одобрены Администрацией области, ведущими учеными страны и мира. Задача состоит в обеспечении финансирования и создании надлежащей лабораторной базы [8 – 12]. Нами (по заданию Минобразования России) разработана концепция создания новых огнестойких экологически чистых бетонов и масс исключительно из ВМР и синтезированы с помощью механохимии новое бесцементное вяжущее, муллит и муллит-карбид кремния [13 – 15]. Использование вторичных минеральных ресурсов в качестве сырья для основного производства и организация выпуска попутной продукции будут способствовать значительному снижению издержек производства, превращению его в рентабельное. И это уже начинают понимать новые хозяева (собственники) промышленных предприятий.

Так ООО «Сталь НК» (директор Н.С. Анашкин) начал успешно осваивать технологию переработки отвальных мартеновских шлаков (пролежавших на КМК без движения десятки лет в объеме свыше 20 млн. тонн), в которых содержится от 13 до 17 % чистого железа (в виде штейнов), а также скрапа и свыше 20 % оксидов железа (Fe_2O_3 и FeO), введя в 2003 г. дробильно-сортировочную установку с магнитной сепарацией. Забирая 20 % шлакового отвала на переплавку в мартеновские печи, предприятие заменило 50 % весьма дорогого рудного сырья и превратилось из убыточного в прибыльное. По контракту с предприятием наш творческий коллектив решает проблему реализации 80 % шлакового сырья (теперь продукта) для строительства дорог (в том числе и для трех марок асфальтобетона), заполнителей бетонов, а в перспективе создаем вяжущее, минеральные порошки, закладочные смеси, огнестойкие мате-

риалы.

Очевидно, что повышение отдачи земных недр Кузбасса за счет более полного извлечения полезных компонентов, комплексного использования продуктов горно-обогащительного и металлургических переделов, внедрения рациональных геотехнологий эксплуатационных работ должно быть в настоящее время стратегическим направлением реализации концепции устойчивого социально-экономического развития Кемеровской области.

Новые наши разработки опубликованы в виде десяти докладов на прошедшей 9 – 11 октября 2003 г. в г. Новокузнецке в рамках выставки-ярмарки «ЭКОЛОГИЯ СИБИРИ» региональной конференции «Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе. Экологические, экономические и социальные аспекты», трех докладов на Международном инновационном форуме «Роль науки, новой техники и технологий в экономическом развитии регионов» (23 – 26 сентября 2003 г., г.г. Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре), на Международных конгрессах и конференциях Ближнего и Дальнего Зарубежья, пять докладов на 4^{ой} Международном конгрессе по управлению отходами (ВЭЙСТТЭК 2005, 31 мая – 3 июня 2005 г., г. Москва).

Библиографический список

1. Вестник Российской академии наук. 2001. Т. 71. – С. 291 – 302.
2. Проблемы развития безотходных производств / Б.Н. Ласкорин, Б.В. Громов, А.П. Цыганков и др. – М.: Стройиздат, 1981. – 286 с.
3. Новые строительные материалы и материалы из промышленных отходов. Справочное и учебное пособие для обучения групп резерва высшего звена управления предприятиями строительного комплекса Москвы // М.: ЗАО «Издательский дом «Логос-развитие». 2002. – 152 с.
4. Павленко С.И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности. Учебное пособие с грифом Минобразования // М.: Издательство АСВ, 1997. – 176 с.
5. Павленко С.И., Малышкин В.И., Баженов Ю.М. Бесцементный мелкозернистый композиционный бетон из вторичных минеральных ресурсов. Монография. Научное издание // Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. – 142 с.
6. Аксенов А.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез нового композиционного вяжущего из вторичных минеральных ресурсов. Научное издание // Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002. – 62 с.
7. Официальный сайт Кемеровской области.
8. Павленко С.И., Шакиров К.М., Кичеев В.Г., Кулагин Н.М., Добрецов Н.Л., Ляхов Н.З. Сборник научных трудов «Перспективы горно-

- металлургической индустрии». Издательство СибГИУ, посвященное 60-летию ректора, профессора Н.М. Кулагина // Новокузнецк, 1999. – С. 365 – 372.
9. Добрецов Н.Л., Бортникова С.Б., Павленко С.И., Шакиров К.М., Кулагин Н.М., Вегерова Н.В., Аксенов А.В., Еремкин К.В. Труды III Международной конференции «Нетрадиционные и интенсивные технологии разработки месторождений полезных ископаемых», 16 – 17 ноября 1999, Новокузнецк // Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 1999, 273 с.
 10. Павленко С.И., Кичеев В.Г., Селезнев Ю.А., Добрецов Н.Л., Ляхов Н.З. // Изв. Вузов. Черная металлургия. 2000. № 10. – С. 36 – 40.
 11. Тулеев А.Г., Кулагин Н.М., Павленко С.И. – В кн.: Международная научно-практическая конференция «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» в рамках Международной выставки-ярмарки «Уголь России и Майнинг – 2002», 18 – 21 июня 2002 г., г. Новокузнецк // Новокузнецк: Изд. СибГИУ. 2002. – С. 312 – 316.
 12. Павленко С.И. Международный научно-технический сборник «Техника и технология разработки месторождений полезных ископаемых» // Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 2003, выпуск 6. – С. 57 – 66.
 13. Луханин М.В., Аввакумов Е.Г., Павленко С.И. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал «Огнеупоры и техническая керамика» // М.: Изд-во ООО «Меттекс», 2003, № 6. – С. 39 – 42.
 14. Луханин М.В., Аввакумов Е.Г., Павленко С.И. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал «Огнеупоры и техническая керамика» // М.: Изд-во ООО «Меттекс», 2004, № 1. – С. 32 – 34.
 15. Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г., Мышляев Л.П. Концепция создания новых композиционных огнестойких бетонов и масс из вторичных минеральных ресурсов с использованием механохимии. Монография. Научное издание // М.: Издательство АСВ, 2004. – 196 с.

УДК 504.062.2'47:669

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРЕСС В ОБЛАСТИ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ

ЧЕРЕПАНОВ К.А., БЕБКО А.Н., ТЕМЛЯНЦЕВ М.В., ТЕРРЕ А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Среди научно-технических проблем современности одной из важнейших является создание новых материалов и технологий, особенно на

основе использования техногенного сырья [1]. Это, в частности, касается получения технической керамики, работающей как в обычных, так и экстремальных условиях. Развитие космической и авиационной техники показало, что керамические изделия во многих случаях заменяют традиционные металлические. В настоящее время научно-технический прогресс в области материаловедения неорганических веществ в значительной степени определяется созданием жаростойких неметаллических материалов. Известно, также, что экономия топливно-энергетических ресурсов является одной из важнейших проблем конца XX-го века и начала XXI-го. Применительно к технологии производства жаростойких и огнеупорных материалов эта задача должна решаться за счет разработки безобжиговых методов их получения. В этом отношении весьма перспективными являются изделия из керамики, прочность которых достигается лишь при сушке изделий, например, огнеупорные бетоны. Эти, т.н. неформованные изделия имеют большое будущее, уже сейчас в промышленно развитых странах их доля составляет 50 % и более от общего количества производимых огнеупоров. При изготовлении такой керамической продукции весьма важным является выбор связующего. Желательно, чтобы оно имело одинаковую химическую природу с наполнителем, не снижало бы огнеупорность (жаростойкость) материала, было бы не дефицитным и не дорогим. Обычно применяемые в качестве связки органические и химические (глиноземистый цемент, жидкое стекло) вещества не всегда отвечают этим требованиям. В последние годы все более широкое распространение находят связующие нового поколения – водные керамические вяжущие суспензии (ВКВС) [2, 3]. Последние представляют собой минеральные водные дисперсии, получаемые преимущественно мокрым измельчением природных «тощих» или техногенных (прошедших стадию термообработки) кремнеземистых, алюмосиликатных или других материалов в условиях высокой концентрации твердой фазы, повышенной температуры и предельного разжижения. Эти условия, с одной стороны, способствуют получению определенного количества частиц коллоидной фракции, с другой – обеспечивают механическую активацию частиц измельченного материала. Твердение и упрочнение керамических вяжущих основано на явлении поликонденсации. Прочностные свойства материала при этом определяются составом дисперсионной среды, дисперсностью частиц твердой фазы и состоянием их поверхности, плотностью упаковки их в материале, режимами упрочнения. Характерной особенностью высушенного материала является его абсолютная водостойкость, свидетельствующая об образовании в системе кристаллизационных (полимеризационных) контактов. Прочность на сжатие и изгиб стандартных образцов из высушенного материала достигает значений, имеющих у образцов, подвергнутых высокотемператур-

ному обжигу [4]. Прочностные свойства материалов из ВКВС после сушки обусловлены, также, наличием в исходной системе определенной доли коллоидного компонента и высокой плотностью упаковки частиц твердой фазы при структурообразовании [5, 6]. Основным направлением при разработке теоретических и технологических основ ВКВС является получение не только плотноспеченной малоусадочной керамики с повышенными прочностными и другими характеристиками, но и пористых высокопрочных материалов, например, для термозащиты космических кораблей многоразового использования. Принципиальным технологическим отличием получения ВКВС от изготовления других вяжущих является мокрое измельчение исходного материала оксидного характера в условиях высокой концентрации дисперсной среды и повышенной температуры. При этих условиях в системе нарабатывается коллоидный компонент, ответственный за вяжущие свойства, реализуется полидисперсность твердой фазы и минимальное количество связанной жидкости. В процессе мокрого измельчения не только достигается заданная дисперсность и фракционное распределение, но и протекают механохимические эффекты, определяющие активацию частиц твердой фазы.

Следует отметить, однако, что в цитируемой выше литературе описываются теоретические основы и способы получения из ВКВС керамических отливок (на основе шликерного литья), обладающих либо особо высокой плотностью (пористость составляет всего 5,0 – 7,0 %), либо очень большой пористостью (до 90 %). При этом подчеркивается, что в получаемых ВКВС объемная доля твердой фазы достигает до 0,65 – 0,75, что дает возможность называть такие суспензии высококонцентрированными [6]. Однако если керамические суспензии, полученные в результате механохимической обработки оксидных материалов, применяются по их прямому назначению – как клеящие (вяжущие) материалы, то требование высокой концентрации твердой фазы не является обязательным, т.к. в этом случае основную роль играет коллоидный компонент, от количества которого во многом зависит вяжущая способность суспензии. В этом случае она и называется водной керамической вяжущей суспензией, поскольку механохимическая активация твердой фазы производится в воде с регулируемым значением рН.

Известно, что силикатным вяжущим, ярким представителем которых является жидкое натриевое или калиевое стекло, присущи характерные недостатки, главные из которых: относительная сложность изготовления, невысокая жизнеспособность, необходимость использования отвердителя, незначительная водостойкость. Этих недостатков, практически, лишены клеи-связки, изготовленные по механохимической технологии из кислых материалов – кварца, диоксида кремния, микрокремнезема. Использование последнего позволило получать разнообразные изделия (кисло-

тостойкие покрытия, керамобетоны, пористые материалы) по относительно несложным технологиям [7, 8], главным из которых является отсутствие обычно применяемого в силикатных композициях отвердителя - кремнефтористого натрия (дефицитного и токсичного вещества) и значительное энергосбережение (отсутствует высокотемпературный обжиг).

Известно, что у пористых (теплоизоляционных) материалов характерным является относительно малая механическая прочность. Если они применяются по прямому назначению – в кладке печей с целью уменьшения потерь тепла, то эта характеристика не играет особого значения. Однако, если такие материалы используются при строительстве зданий, особенно жилых домов, то от них требуется повышенная прочность. Обычно применяемые в строительной индустрии ячеистые бетоны не всегда отвечают возросшим требованиям, предъявляемым к ним в настоящее время. Особенно интересным в этом отношении является строительство т.н. каркасных жилых зданий, в которых стены уже не являются несущими, однако их по традиции выполняют из обычного плотного строительного кирпича. На смену ему в этом случае должен придти легкий материал, обладающий в то же время более высокой механической прочностью по сравнению с применяемыми в настоящее время ячеистыми бетонами.

Как известно, материал, полученный с использованием в качестве связующего ВКВС уже после низкотемпературной сушки (температура 140 – 150 °С) обладает значительной механической прочностью. Эта особенность позволила разработать энерго- и ресурсосберегающую технологию изготовления пористого материала из боя огнеупорного (шамотного) кирпича, изделия из которого (кирпич или блок) обладает более высокой механической прочностью по сравнению аналогичной продукцией из ячеистого бетона. Так, например, опытные образцы из указанного материала при плотности их 900 кг/м³, что соответствует по этому показателю конструкционно-теплоизоляционным изделиям из ячеистого бетона в соответствии с ГОСТ 25485-89, имели прочность на сжатие 10,57 МПа, в то время как у изделий из ячеистого бетона она равна 5 МПа, как это указано в ГОСТ 25485-89.

Библиографический список

1. Рециклинг твердых отходов в металлургии / Черепанов К.А., Абрамович С.М., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н. М.: Флинта-Наука. 2004. – 212 с.
2. Неформованные огнеупоры. Справочное издание в 2-х томах. Т. 1. Кн. 1. Общие вопросы и технологии / Пивинский Ю.Е. – М.: Теплоэнергетик. 2003. – 448 с.
3. Митякин П.Л., Розенталь О.М. Жаропрочные материалы на основе

- водных керамических суспензий. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение. 1987. – 172 с.
4. Черепанов К.А., Кулагин Н.М., Масловская З.А. Технология изготовления керамобетона из промышленных отходов // Изв. вузов. Черн. металлургия. 1995. № 8. – С. 58 – 60.
 5. Пивинский Ю.Е., Ромашин А.Г. Кварцевая керамика. М.: Металлургия. 1974. – 264 с.
 6. Ливийский Ю.Е., Трубицин М.А. Высококонцентрированные керамические вяжущие суспензии. Дисперсионная среда, стабилизация и вяжущие свойства // Огнеупоры, – 1987. – № 12. – С. 9 – 14.
 7. Черепанов К.А., Килякова Е.Н., Темлянцев М.В. Использование боя огнеупорного кирпича при изготовлении защитных обмазок на связке из технического кремнезема // Изв. вузов. Черн. металлургия. 2002. № 6. – С. 45 – 47.
 8. Черепанов К.А., Черепанова В.К. Керамические неформованные материалы из отходов металлургической промышленности на основе тиксотропных сырьевых смесей // Изв. вузов. Черн. металлургия. 2002. № 2. – С. 65 – 66.

УДК 658.567.1:669.1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА НА ООО «СТАЛЬ НК»

АНАШКИН Н.С., ПАВЛЕНКО С.И.

*ООО «Сталь НК»,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Кемеровская область по экономическому потенциалу является крупнейшим в стране территориально-металлургическим комплексом. Сегодня Кузбасс для России, это более 13 % выплавляемого чугуна и стали, 23 % стального сортового проката, более 11 % алюминия и 53 % ферросилиция. Столь внушительные показатели работ металлургов Кузбасса обеспечиваются мощнейшей минерально-сырьевой базой, комплексное использование которой является важнейшей народнохозяйственной задачей. Но рудное сырье и металлолом в рыночных условиях весьма энергоемкое и дорогое удовольствие, тем более для мартеновского производства. В то же время мы имеем огромное количество отвалов мартеновских шлаков, в которых содержится железо, как в чистом, так и в связанном состоянии и которые совершенно не использовались.

ООО «Сталь НК» совместно с проектными и научно-исследова-

тельскими организациями поставило перед собой задачу по их переработке и использованию, прежде всего в качестве сырья в производстве стали. И добились определенных успехов, введя в действие две установки и заменив свыше 50 % рудного сырья и металлолома переработанной на них отмагниченной фракцией. Предприятие, вместо убыточного, превратилось в прибыльное. Об этих достижениях имеется достаточно публикаций и докладов на конференциях различного уровня (от региональных до Всероссийских и Международных в полном смысле слова) [1 – 4].

Но отмагниченная фракция составляет лишь 20 % от перерабатываемого отвального шлака и возникает проблема сбыта 80 % немагнитной фракции. На год мы обеспечены сбытом для засыпки городской свалки. А дальше?

Для определения дальнейшего направления использования сталеплавильного шлака ООО «Сталь НК» по контракту с ГОУ ВПО «СибГИУ» приступило ко второму этапу: проведению НИР по созданию нового бесцементного вяжущего и бетонов различного назначения из текущего (выпускаемого) шлака и песка и щебня для дорожного строительства из отвальных шлаков немагнитных фракций 0...20 и 20...80 мм, закладочной смеси для выработанного пространства шахт и рудников.

В настоящее время проведены исследования этих двух немагнитных фракций, получены заключения лицензированной лаборатории контроля качества Кузбасского центра дорожных исследований, сертификаты органа сертификации Росстроя России и органов Госстандарта по применению их в дорожном строительстве, в том числе: в качестве щебня для приготовления плотного асфальтобетона типа Б III марки; типа В II – III марки, пористого асфальтобетона I – II марки, и также для устройства земполотна автодорог, щебеночных слоев оснований и покрытий дорог, различных отсыпок на земляных работах.

Но проведенное маркетинговое исследование и сбор заявок на указанную продукцию обеспечивают максимально 10 % реализации переработанных шлаков. Неограниченные возможности сбыта шлаков в перспективе в качестве заполнителей для мелкозернистых бетонов. Они могут заменить по-существу полностью природные пески, щебень и гравий. В СибГИУ проведены соответствующие исследования и получены заключения соответствующих органов.

Но для этого нужно значительно снизить в них содержание оксидов немагнитных фракций железа (Fe_2O_3 и FeO), которых по ГОСТу допускается до 3 %, а фактически в немагнитных фракциях содержится от 17 до 22 %. И содержатся они преимущественно не в свободном, а в связанном состоянии с другими оксидами. Лабораторными исследованиями установлена возможность отделения этой железистой составляющей в

виде порошка из чистого железа химическим путем (обработкой концентрированной серной кислотой или так называемым выщелачиванием). Но этот путь не приемлем в производстве по причине дороговизны и экологической опасности. Обработка шлаков газообразным хлором также малоэффективна в виду плотной структуры шлака.

Исследованиями СибГИУ совместно с институтами СО РАН (ОИГГиМ и ИХТТиМ) установлена возможность снижения вышеуказанных оксидов железа до стандартных требований путем магнито-гравитационного обогащения и разделения в тяжелой органической жидкости бромформе. Установлена также возможность получения бесцементного вяжущего и закладочных смесей после разложения в отвальных шлаках восстановленного природой кальцита при температурах от 700 до 800°C и применения механохимической активации смесей в планетарных мельницах нового поколения конструкции ИХТТиМ СО РАН.

Эти лабораторные и экспериментальные исследования дают нам надежду на решение обозначенных проблем с использованием и реализацией отходов производства.

Одновременно мы заключили контракт с Красноярским научным центром СО РАН, получили технологический регламент. Разрабатывается проект на термическую переработку шлака в одной из сталеплавильных печей с селективным отделением металлической составляющей (Fe, Al, Mn, Mg), а из силикатного остатка получать теплоизоляционный материал, так называемый пенолит.

Библиографический список

1. Копытов А.И., Анашкин Н.С., Усов М.А., Павленко С.И., Филиппов Е.В. Использование отвального мартеновского шлака в качестве сырья для производства стали на ООО «Сталь КМК»// М.: «Известия ВУЗов. Черная металлургия». МИСИС, 2004, № 10. – С. 64-66.
2. Павленко С.И., Меркулова С.И., Автушко Е.А., Анашкина У.Н., Анашкин Н.С. Исследование мартеновских шлаков ООО «Сталь КМК»// М.: «Известия ВУЗов. Черная металлургия». МИСИС, 2004, № 10. – С.
3. Анашкин Н.С., Павленко С.И., Филиппов Е.В., Анашкина У.Н. Исследование мартеновских шлаков ООО «Сталь КМК» с целью разработки технологии производства бесцементного композиционного вяжущего и мелкозернистых бетонов. Научные труды II Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – пути развития», 5 – 9 сентября 2005 г., г. Москва // М.: Издательство «Динак», 2005г., том 3. – С. 445-457.
4. Pavlenko, S.I., Filippov, Y.V., Anashkina, U.N., Anashkin, N.S. Development of Technology for Processing Open-Hearth Slag for Composite Con-

struction Materials. Proceedings of the International Conference held of the University of Dundee, Scotland, UK, on 5-7 July 2005 // Published by Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Ltd, Heron Quay, London E14 4 D. «Achieving Sustainability in Construction», pp. 341 – 350.

УДК 504.064.47

РЕЦИКЛ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**ПАВЛОВИЧ Л.Б., ПАТРУШЕВ А.Н., ДОЛГОПОЛОВ В.П.,
ПЬЯНКОВ Б.Ф., КАЛИНИНА А.В., АЛЕКСЕЕВА Н.М.**

***ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»
г. Новокузнецк***

Проблема защиты окружающей среды от загрязнений отходами продолжает оставаться весьма актуальной. Это связано с тем, что множество разработанных способов утилизации накопленных и генерируемых отходов (складирование, сжигание, компостирование, захоронение) не обеспечивают должного уровня экологической и экономической эффективности при необходимой высокой производительности процесса. Кроме того, предлагаемые методы переработки отходов – мероприятия дорогостоящие, что обусловлено высокими капитальными и эксплуатационными затратами при создании и эксплуатации надежного и эффективно-го специального оборудования.

Целью работ, проводимых на ОАО «ЗСМК» в течение ряда лет, является снижение количества образующихся отходов, развитие методов их максимального использования, внедрение идей переработки отходов с наименьшими затратами, с использованием оборудования и технологий действующего металлургического производства.

Разработан один из вариантов отраслевого и межотраслевого рецикла в коксохимическом производстве (КХП). Коксовая батарея рассматривается не только как агрегат для производства кокса, но и как реактор для утилизации различных техногенных углеродсодержащих отходов собственных и других отраслей промышленности и потребления. Комплекс химических цехов КХП рассматривается не только как тракт улавливания и переработки химических продуктов коксования, но и как технологический комплекс улавливания и обезвреживания продуктов, образующихся в процессе пиролиза отходов. Принципиальная схема межотраслевого рецикла отходов (рисунок 1) в процессе пиролиза каменного угля по коксохимической технологии представлена на рисунке. Побочные продукты КХП, утратившие свои потребительские свойства, рассматриваются в настоящее время как отходы. Жидкие отходы (кислая

смолка, кубовые остатки и щелочные воды цеха фталевого ангидрида (ЦФА), некондиционные смолы, полимеры бензольного отделения) подаются в шихту на коксование через установку утилизации химических отходов; твердые (осадок пека, донный продукт из испарителей ЦФА, осадки из аммиачных колонн и из абгазов ЦФА, отходы дистилляции фталевого ангидрида) – через вагоноопрокидыватель и углеподготовительный цех. В настоящее время в результате данной работы все жидкие и твердые отходы коксохимического передела на 99 % утилизируются в шихте на коксование. Существует проблема утилизации 1 % отходов.

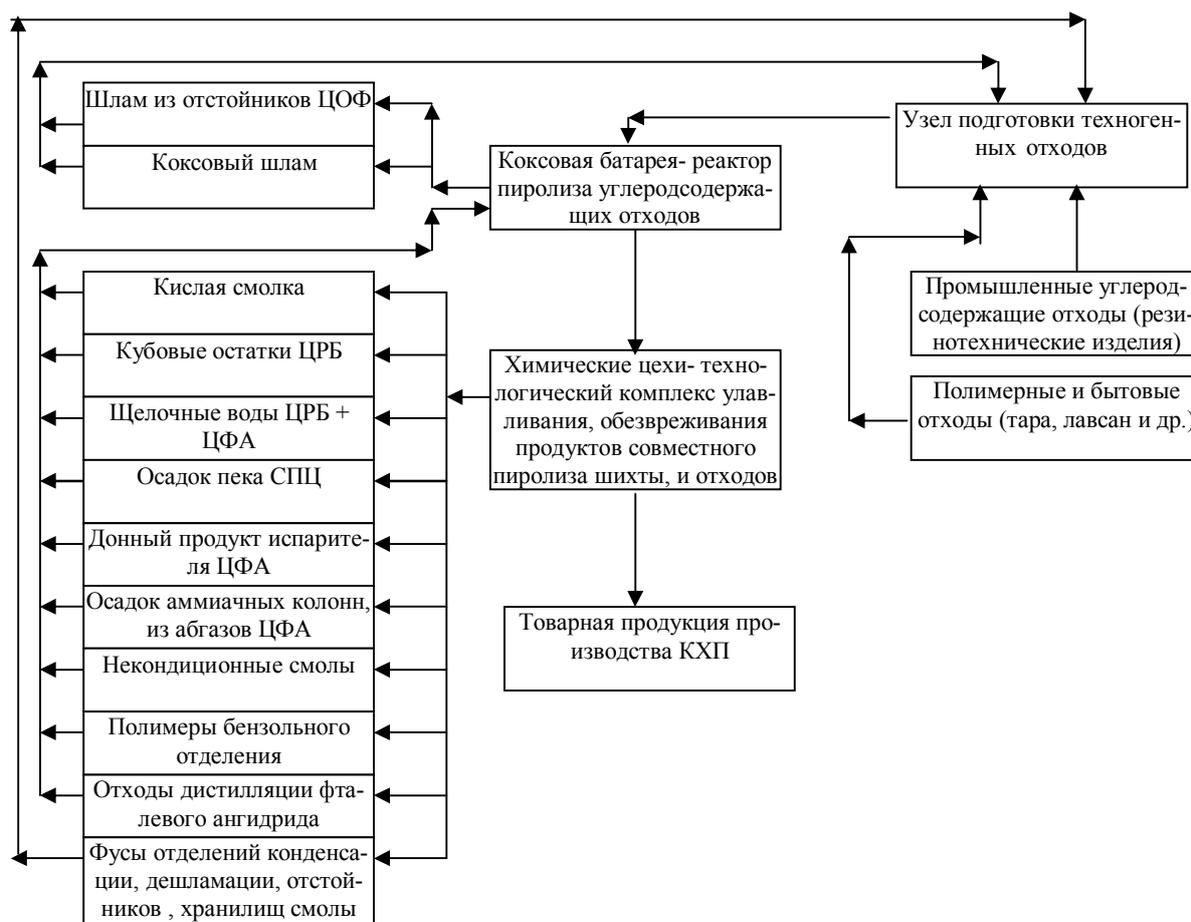


Рисунок 1 – Принципиальная схема межотраслевого рецикла в коксохимической отрасли

При чистке хранилищ смолы в смолоперерабатывающем цехе одновременно выгружается 600т фусов, которые подать на установку утилизации затруднено, так как эти фусы более «сухие», содержание смолистой части в них ниже и существующий узел подачи не справляется с их выдачей на конвейер с угольной шихтой.

Для предотвращения отложения фусов в хранилищах смолы применяются приемы, обеспечивающие условия загрузки и отбора смолы

без образования «мертвых зон движения материала»: наклонные или конические днища хранилищ, устройства позонного перемешивания смолы в донной части емкости. Однако устройство конических днищ на существующих хранилищах связано не только с техническими трудностями, но и приводит к снижению полезного объема емкостного оборудования склада смолы на 30 %.

На КХП функционируют пять хранилищ каменноугольной смолы объемом 2000 м³. Ежегодно производится чистка одного хранилища. На «нулевом» хранилище после плановой очистки смонтирована и действует линия секторного нагнетания и всаса смолы, что на 60 – 70 % снижает отложения фусов, но не позволяет полностью ликвидировать застойные зоны. Накопление фусов в застойной зоне в начальный период является интенсивным, а при последующей эксплуатации приводит к их значительному уплотнению и снижению эффективности работы системы обогрева. Через 6 – 7 лет эксплуатации проблема очистки возникнет вновь.

Осуществляется проектирование установки непрерывной очистки хранилищ объемом 2000 м³ от отложений фусов путем размыва фенольной или поглотительной фракцией с последующим осаждением фусов в механизированном осветлителе и подачей в угольную шихту на коксование по традиционной схеме утилизации фусов. Установка состоит из стандартного осветлителя прямоугольного сечения с механизированным удалением фусов; двух шламовых насосов производительностью 60 – 90 м³/ч каждый; системы подогрева, обеспечивающей температуру циркулирующего растворителя 80 – 90 °С и включающей в себя вертикальные паровые подогреватели, смонтированные в мехосветлителе; теплообменника типа «труба в трубе», расположенного перед смоляными хранилищами.

С внедрением этой технологии, что планируется в комплексе второй коксовой батареи на КХП, будет полный 100 %-ный рецикл техногенных отходов коксохимического передела, без отходов обогатительной фабрики.

Исследована возможность межотраслевого рецикла - утилизации в угольной шихте на коксование отходов других производств и твердых бытовых отходов (ТБО) [1 – 5]. Испытания проводили в лабораторных, опытно-промышленных и в промышленных условиях: в лабораторной печи с загрузкой шихты 2 кг согласно ГОСТ 9521-74 «Угли каменные. Метод определения коксуемости», методом ящичных коксований в действующих камерах коксовой батареи коксового цеха № 1 ЗСМК, коксованием в коксовой батарее № 4 с загрузкой отходов в углезагрузочный вагон.

Базовые шихты составляли из компонентов производственной

угольной шихты. В качестве исследуемых материалов использовали полимерные отходы – измельченные отработанные автошины, пластиковые отходы (бутылки, банки, полиэтилен низкой и высокой плотности, полистирол, поливинилхлорид); осадки смолы (фусы) из смолохранилищ КХП; ТБО. Для определения возможности утилизации в производстве металлургического кокса отходы добавляли в базовую шихту взамен части угольного компонента в количестве от 1 до 7 %. Повышенное количество ТБО (до 30 %) вводили в шихты, содержащие недефицитные угли марок Г и КС, с целью получения неметаллургического кокса.

Качество компонентов шихт, шихт и продуктов коксования оценивали в соответствии с существующими ГОСТами.

Добавление отходов к угольным смесям в количестве 1 – 2 % практически не повлияло на технологический процесс производства кокса. Основные физико-химические свойства экспериментальных коксов (механическая, структурная прочность, реакционная способность) оставались на уровне промышленных (базовых) коксов. Увеличился выход химических продуктов коксования смолы и сырого бензола на 20 %. При добавлении 1 % полимерных отходов снижался выход валового кокса на 0,3 %.

Из шихт, содержащих 20 % ТБО и угли марки Г и КС, получали кокс с выходом класса >25 мм. 12,5 %, класса <10 мм. – 62 %. Выход кокса составлял 65 – 70 %.

Таким образом, имеется реальная возможность рецикла органических отходов, промышленных и твердых бытовых, пиролизом с использованием всей структуры коксохимического производства: коксования, улавливания, фракционирования парогазовых продуктов, обезвреживания выбросов.

Подача измельченных отходов резины и пластиков в шихту для производства металлургического кокса не требует конструктивных изменений в технологии коксохимического производства и может быть осуществлена через действующую утилизационную установку, что позволит без ущерба для производства и значительных капитальных затрат квалифицировано утилизировать отходы. Необходимо организовать сбор вышеуказанных отходов и создать узел подготовки с целью подачи их в шихту на коксование.

В связи со снижением выхода валового кокса и необходимостью сохранения рентабельности коксового производства за утилизацию отходов в угольной шихте должна быть установлена плата.

С целью утилизации ТБО при выводе из эксплуатации КХП НКМК часть коксовых батарей производительностью 1 млн. т/год может быть переориентирована на выпуск неметаллургического кокса. При этом утилизируется 200 тыс. т. ТБО – практически вся органическая часть отходов, образующихся в г. Новокузнецке.

Библиографический список

1. Пат. 2202471 Россия. Способ переработки отработанных резиносодержащих изделий / А.В.Салтанов, Л.Б.Павлович, А.В.Калинина, Г.Р.Гайниева // Бюл. 2003. N11.
2. Пат. 2225419 Россия. Способ переработки отработанных резинотехнических изделий с металлокордом / А.В.Салтанов, Л.Б.Павлович, А.В.Калинина // Бюл.2004. N7.
3. Пат. 2178440 Россия. Способ утилизации отходов коксохимического производства / А.В.Салтанов, Л.Б.Павлович, В.Е.Яхнис и др. // Бюл. 2002.N2.
4. Пат. 2186823 Россия. Способ подготовки угольной шихты к коксованию / А.В.Салтанов, Л.Б.Павлович, Б.Ф.Пьянков и др.// Бюл. 2002.N22.
5. Пат. 2230093 Россия. Способ утилизации твердых бытовых и промышленных отходов / Л.Б.Павлович, А.Н.Патрушев, А.В.Калинина и др.

УДК 658.567.1

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ЛЕГКОПЛАВКИЕ ФЛЮСЫ ДЛЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ НА ОСНОВЕ ФТОРУГЛЕРОДИСТЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Макаруч В.В.

*Сибирский Государственный индустриальный университет,
Экологический региональный центр,
г. Новокузнецк*

Алюминиевая промышленность является крупнейшим потребителем углерода. Известно, что для производства 1 т алюминия требуется около 0,5 т анодного материала и 7,5 – 10 кг катодного. В ходе технологического процесса образуется значительное количество отходов, в составе которых преобладают углерод и фториды натрия и алюминия: отработанная углеродистая футеровка электролизеров (отработанный катод), угольная пена или продукты ее регенерации (хвосты флотации), пыли и шламы газоочистных и аспирационных установок. В настоящее время значительная часть фторуглеродистых отходов складывается в отвалах и шламонакопителях. В Сибирском федеральном округе сосредоточена основная часть российских алюминиевых заводов, входящих в состав компании РУСАЛ: Новокузнецкий, Красноярский, Братский, Саянский. В ходе производственного процесса на этих заводах ежегодно образуется около 40 тыс. т использованной футеровки электролизеров и свыше 70 тыс.т мелкодисперсных отходов. Количество отходов, накопленных в отвалах и шламонакопителях, составляет более 2 млн. т. Пере-

численные отходы содержат ряд токсичных компонентов – фториды, полициклические ароматические углеводороды и др., в связи с чем относятся к 3 и 4 классу опасности, что обуславливает неизбежные финансовые потери для компании в виде платежей за размещение токсичных отходов, а также создает негативное общественное мнение о российских алюминиевых заводах как загрязнителях окружающей среды.

В результате проведенных исследований нами установлено, что фторуглеродистые отходы алюминиевой промышленности обладают комплексом свойств, благодаря которым могут стать сырьем для производства уникального синтетического легкоплавкого флюса для черной металлургии, выполняющего одновременно несколько важных технологических функций:

- высокоэффективного разжижителя шлака вследствие наличия в их составе легкоплавких фторидов натрия и алюминия;
- дополнительного топлива благодаря достаточно высокому содержанию углерода;
- десульфуратора чугуна и стали благодаря содержанию активных соединений натрия.

Легкоплавкие флюсы используются на различных стадиях металлургического передела: в доменной печи, конвертере, электропечи, при внепечной обработке чугуна и стали и должны удовлетворять требованиям каждого технологического процесса. Флюс для металлургии должен быть прежде всего кусковым материалом строго определенного размера, например для доменного процесса крупность кусков должна составлять 30-100мм, для конвертерного – 10 – 50 мм. Содержание основных химических элементов также зависит от технологии, где материал будет использоваться, например содержание натрия для конвертерного процесса должно составлять более 15 %, а для доменного – не должно превышать 10 %, содержание углерода для доменного процесса не должно быть ниже 55 %, а для конвертерного может составлять 40 – 50 % и т.д. Механическая прочность кусков для доменного процесса должна составлять не менее 100 кг/см², а для сталеплавильных процессов достаточно 50 кг/см². Доменный процесс требует сырье высокой термической стойкости, а для сталеплавильных процессов она не требуется. Для обеспечения экологической безопасности флюсы не должны реагировать с влагой и атмосферным воздухом и выделять в окружающую среду токсичные вещества в процессе хранения на складах металлургических предприятий и подачи в металлургические агрегаты. В современных условиях российские металлургические предприятия, работающие в условиях жестких требований к качеству выпускаемой продукции, обладающие сертификатами качества ИСО 9000, уже обладающие или планирующие в ближайшей перспективе получить экологические сертификаты ИСО 14000, также

требуют, чтобы предлагаемые для них новые виды сырьевых материалов удовлетворяли технологическим требованиям и были экологически безопасными.

Образующиеся в настоящее время на алюминиевых заводах фторуглеродистые отходы не удовлетворяют требованиям металлургов по следующим параметрам:

- разнообразие и нестабильность гранулометрического и химического составов, а также основных технологических свойств;

- наличие в их составе реагирующих с водой и атмосферным воздухом компонентов (фториды, карбиды нитриды) с выделением в окружающую среду токсичных соединений (аммиак, фтористый водород, сероводород, цианистые соединения) на сырьевых складах и ухудшение условий труда персонала металлургических предприятий.

Нами разработан комплекс технологий получения на основе фторуглеродистых отходов алюминиевых заводов синтетических легкоплавких флюсов с регулируемыми свойствами для различных металлургических процессов, безопасных для технологического персонала и окружающей среды в процессе транспортировки, дозирования или временного хранения на складах потребителей, а также технологий переработки этих флюсов в металлургических агрегатах. В ходе переработки флюсов на основе фторуглеродистых отходов в высокотемпературных металлургических агрегатах (1500 – 2000 °С) в присутствии соединений кальция и магния, являющихся основными компонентами шлаков в наиболее распространенных основных металлургических процессах, обеспечивается разложение токсичных веществ до безопасных соединений, переход фторидов и других токсичных соединений в жидкий шлак и его остеклование. Таким образом, разработанные технологии позволят полностью решить проблему загрязнения отходами алюминиевых заводов окружающей среды регионов, в которых они находятся.

Для обеспечения требований металлургов по крупности крупнокусковые материалы должны дробиться и сортироваться, а мелкодисперсные подлежат окускованию. Необходимо отметить, что реализация и той и другой задачи не является простым делом и не может быть реализована обычными техническими средствами. ОУФЭ после пребывания в расплаве электролизера приобретает крайне высокую механическую прочность – 725 – 1140 кг/см², что например в 5 – 8 раз превышает прочность кокса. Коэффициент крепости ОУФЭ по шкале Протодяконова составляет 5, что относит ее к категории крепких и особо крепких пород. Кроме этого, вследствие того, что куски ОУФЭ пропитаны фтористыми соединениями в виде криолита, они являются очень скользкими и при дроблении например в широко применяемых для дробления щековых дробилках с трудом захватываются щеками, что обуславливает необхо-

димось последовательного использования 2 – 3-х дробилок. Для окискования мелкодисперсных отходов – пыли и шламы, отсева ИФЭ и угольной пены – требуется разработка специальной технологии с использованием связующих веществ. Содержание в составе фторуглеродистых отходов водорастворимых соединений, обладающих способностью выделять в атмосферу и воду токсичные вещества, требует разработки технологии и техники их нейтрализации.

Проведенные нами исследования позволили разработать оптимальную технологию дробления ОУФЭ и эффективную энергетически низкочастотную технику для ее практической реализации. Разработаны специальные виды связующих веществ на основе недефицитных материалов для брикетирования мелкодисперсных фторуглеродистых отходов и технология получения брикетов, удовлетворяющих требованиям металлургов по крупности, механической прочности и термической стойкости. Найдены реагенты и разработан способ обработки ими отходов для перевода водорастворимых токсичных соединений, включая фториды, в нерастворимую форму.

Полученные кусковые и брикетированные легкоплавкие синтетические флюсы обладают следующими преимуществами в сравнении с традиционно используемыми природными флюсами:

- более низкая температура плавления, что обуславливает более высокую скорость наведения жидкоподвижных шлаков и повышение производительности технологического процесса;

- комплексный химический состав, что обеспечивает высокую рафинирующую способность шлаков при одновременном улучшении теплового режима и экономии традиционных теплоносителей (кокс, уголь, жидкий чугун);

- регулируемые свойства, что позволят гибко подстраиваться под изменяющиеся требования металлургических технологий;

- более высокие значения механической прочности и термической стойкости, что снижает долю образующийся в результате разрушения кусков материала мелочи и вынос ее из технологического агрегата высокоскоростными потоками отходящих газов;

- более низкая стоимость, что обеспечивает возможность снижения себестоимости стали.

Получены опытно-промышленные партии кусковых и брикетированных флюсов на основе фторуглеродистых отходов, проведены их промышленные испытания в доменном и сталеплавильном производстве, выполнена экологическая и санитарно-гигиеническая оценка как самих флюсов, так и технологий с их использованием.

Промышленные испытания кусковых флюсов на основе дробленой, сортированной и обезвреженной специальным реагентом ОУФЭ

проведены в конвертерном производстве Западно-Сибирского металлургического комбината. Материал использовался в качестве разжижителя шлака, а также выполнял функцию дополнительного теплоносителя для улучшения теплового баланса конвертерной плавки.

Установлено, что за счет повышения теплосодержания чугуна при растворении в нем углерода кускового флюса достигается снижение его расхода на 7 кг/т. Присадка материала по ходу продувки способствует формированию шлаковой расплава для активной ассимиляции извести. Подтверждением высокой активности и рафинирующей способности конечного шлака является повышение степени десульфурации в среднем с 10,0 до 22,7 %. Общий расход флюса в конвертерном производстве ЗСМК рекомендован на уровне 3 – 15 кг/т металлошихты.

С целью оценки влияния кускового синтетического флюса на окружающую среду при переработке в конвертерном производстве в процессе испытаний на ЗСМК были отобраны и исследованы пробы атмосферного воздуха из основных рабочих зон цеха.

Исследования показали, что на опытных и сравнительных плавках практически не изменилась запыленность воздуха рабочей зоны. Содержание фтора в твердой пыли на опытных плавках составило 0,088 – 0,184 мг/нм³, что значительно ниже ПДК – 1,0 мг/нм³, а также содержания фтора в пыли на сравнительных плавках – 0,331 – 1,75 мг/нм³. Содержание в воздухе рабочей зоны газообразных фтористых соединений в пересчете на HF на опытных плавках было выше, чем на сравнительных, однако не выходило за пределы ПДК.

Промышленные испытания кускового синтетического флюса на основе дробленой, сортированной и обезвреженной ОУФЭ проведены в доменном производстве Кузнецкого металлургического комбината для решения проблем дефицита кокса и проплавки титаносодержащих окатышей. Средний расход флюса составлял 8 кг/чугуна, максимальный – 17 кг/т. Использование флюса с расходом 12 кг/т чугуна при одновременной переработке тугоплавких окатышей в количестве 15 – 20 % обеспечило значительное улучшение жидкотекучести и обессеривающей способности шлаков. Достигнуто снижение содержания в чугуне серы в 2,4 раза, а также уменьшение расхода кокса на 5,2 % по сравнению с периодом, когда окатыши перерабатывались без использования синтетического флюса. Применение синтетического флюса обеспечило хорошую дренажную способность горна.

Разработанная технология получения брикетированного синтетического флюса на основе мелкодисперсных фторуглеродистых отходов обеспечивает повышение их технологической ценности при одновременном эффективном обезвреживании. Новокузнецкого алюминиевого завода (НКАЗ): шлам газоочистки, хвосты флотации угольной пены, шлам из

шламонакопителя.

Установлено что в результате химических взаимодействий отходов с используемым при брикетировании специальным реагентом существенно снизилось содержание ряда экологически опасных водорастворимых элементов: фторидов в 1,7 раза, марганца в 1,6, кадмия в 2,1 раза, мышьяка – до нуля. Полученные брикеты не имели специфического для фторуглеродистых отходов запаха и не вступали в реакцию с атмосферным воздухом и влагой в условиях хранения. Таким образом, брикеты представляли собой экологически безопасное сырье для металлургов.

По разработанной технологии наработана опытно-промышленная партия брикетов из материала шламонакопителя Красноярского алюминиевого завода на непрерывном вальцевом прессе. Брикеты имели челнокообразную форму и размеры 32×25×15 мм. Испытания опытной партии брикетов проведены в конвертерном цехе № 2 ОАО «ЗСМК» на шести плавках. На 12 сравнительных плавках текущего производства в качестве разжижителя конвертерного шлака применялась флюорито-карбонатная руда (ФКР), на 10 плавках – кусковая футеровка электролизеров (ОУФЭ). В качестве сравнительных использованы также результаты 12 плавков, проведенных в тот же период без применения разжижителей.

На опытных плавках опробованы различные режимы присадки брикетов в конвертер: 50 – 70 % от общего расхода брикетов на плавку присаживали на металлолом до заливки чугуна и остальное – одной – двумя порциями по ходу продувки. Общий расход брикетов на плавку изменялся от 1,8 до 10,7 кг/т (в среднем 5,2 кг/т). Кроме брикетов, других разжижителей на опытных плавках не применяли. В ходе опытных плавков не отмечено каких-либо отклонений от действующей технологии, процесс шлакообразования протекал спокойно. В момент присадки брикетов не требовалось вносить изменения в технологический процесс рафинирования металла. Технологические показатели при различных вариантах присадок брикетов на опытных плавках были практически одинаковы. По окончании продувки на повалке конвертера шлаки получались жидкоподвижными, активными. Проведенные опытные плавки показали принципиальную возможность использования брикетов на основе фторуглеродистых отходов алюминиевого производства мелкой фракции в качестве разжижающего и шлакообразующего материала в конвертерном производстве. Отмечено более быстрое и полное усвоение брикетов по сравнению с кусковыми разжижителями, которые в некоторых случаях наблюдались в скачиваемом шлаке.

В ходе опытных и сравнительных плавков брикетов на основе фторуглеродистых отходов алюминиевого производства в конвертерном производстве ОАО «ЗСМК» Городским санитарно-эпидемиологическим

объединением г. Новокузнецка осуществлялся санитарно-гигиенический контроль состава атмосферного воздуха в рабочих зонах сталевара, подручного сталевара, машиниста завалочной машины, машиниста крана, дистрибьютора центрального пульта управления цеха. В ходе опытной компании контролировалось содержание в воздухе рабочей зоны фтористых солей в составе пыли, фтористого водорода, аммиака. Установлено, что при использовании брикетов не происходит ухудшение условий труда, так как концентрация измеряемых соединений на всех технологических стадиях составляли от 0,1 до 0,6 ПДК.

На основании результатов проведенных промышленных испытаний на Западно-Сибирском и Кузнецком металлургических комбинатах разработаны режимы ведения технологических процессов с использованием кусковых и брикетированных синтетических легкоплавких флюсов на основе фторуглеродистых отходов, которые в настоящее время патентуются. Потребность в легкоплавких синтетических флюсах только металлургических предприятий г. Новокузнецка уже в настоящее время составляет свыше 20000 т в год. Разработки в данном направлении продолжаются и позволят значительно повысить потребность во флюсах в ближайшие годы. Это требует организации массовой переработки фторуглеродистых отходов алюминиевых заводов, что обеспечит алюминиевым заводам не только экономию вследствие снижения платы за размещение отходов, но и значительно повысит их безопасность для окружающей среды сибирских регионов.

УДК 504.064.47

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОТ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТВАЛОВ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Волынкина Е.П., Атапина И.Г., Долгополов В.П., Кудашкина С.А.

*Сибирский Государственный индустриальный университет, ОАО «ЗСМК»,
г. Новокузнецк
Госприроднадзор по Кемеровской области,
г. Кемерово*

Высокая агрономическая ценность отходов от очистки городских сточных вод (ОСВ) обусловила широкое распространение их использования за рубежом в качестве удобрения. В России использование ОСВ как удобрения разрешено при удовлетворении их качества требованиям СанПиН 2.1.7.573-96. Однако загрязненность осадков сточных вод в промышленных городах токсичными веществами и патогенными микроорганизмами затрудняют широкое распространение этого направления

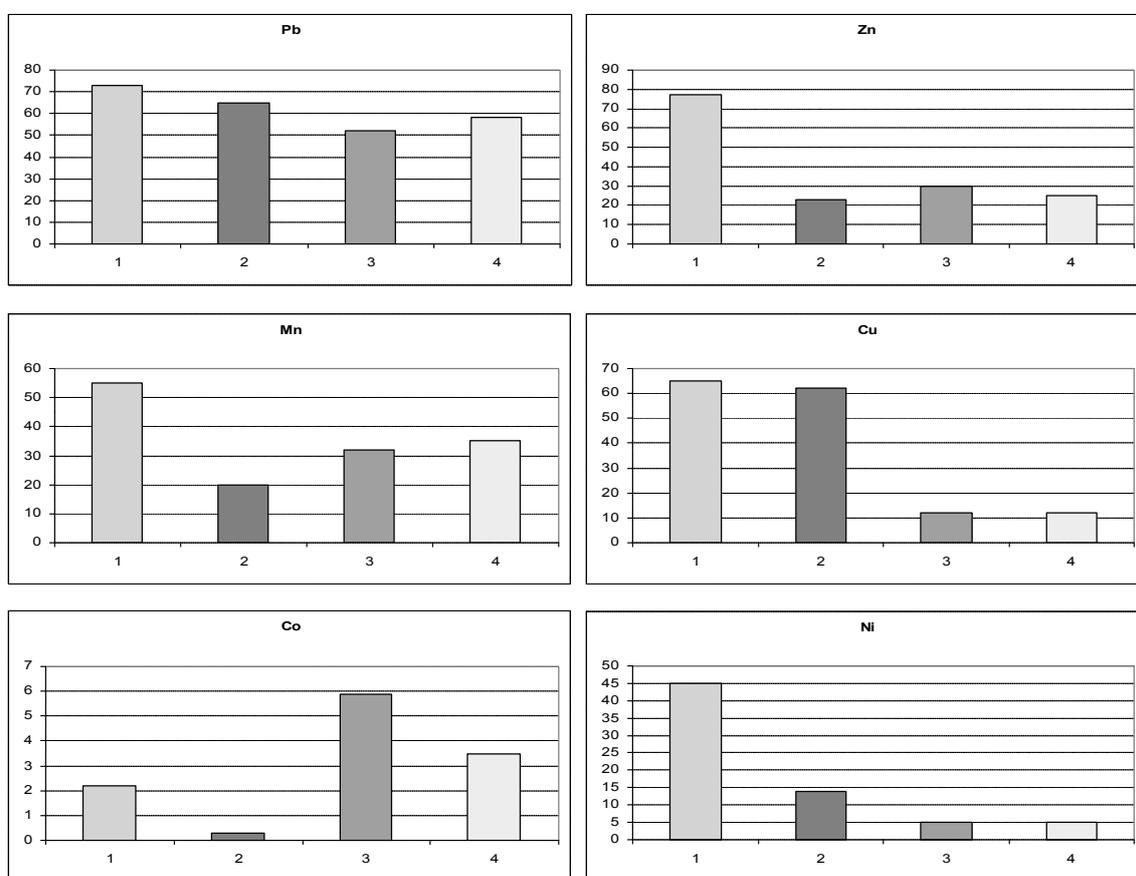
утилизации.

В г. Новокузнецке завершен комплекс исследований методов обезвреживания ОСВ и их использования для рекультивации промышленных отвалов. Рекультивация отвалов путем покрытия их поверхности ОСВ позволит одновременно решить две острые экологические проблемы промышленных регионов – обезвредить нарушенные земли и отходы от очистки сточных вод.

На очистных сооружениях канализации г. Новокузнецка в настоящее время ежегодно образуется около 300 тыс.м³ в год сырого осадка сточных вод, или в пересчете на сухое вещество более 10 тыс.т. Осадок складывается в илонакопителях и оказывает негативное отношение на окружающую среду вследствие загрязнения токсичными веществами, в частности соединениями свинца, мышьяка, ртути, кадмия, никеля, хрома, марганца, цинка, меди, фтора, ванадия, кобальта, алюминия, а также нефтепродуктами и патогенными микроорганизмами. В настоящее время осадок сточных вод отнесен к IV классу опасности.

С целью поиска эффективных обезвреживающих реагентов, позволяющих перевести содержащиеся в ОСВ токсичные соединения в более безопасную водонерастворимую форму, был опробован ряд отходов Западно-Сибирского металлургического комбината, содержащих оксиды кальция и железа. Найдена возможность эффективного обезвреживания ОСВ при их обработке аспирационной пылью цеха обжига известняка (76,6 % CaO, 1,73 % Fe₂O₃, 2,6 % MgO, 3,95 % SiO₂, 0,76 % Al₂O₃, 0,26 % S) и прокатной окалиной блюминга (39,4 % Fe₂O₃, 54,6 % FeO, 0,8 % CaO, 0,9 % MgO, 0,58 % SiO₂, 0,55 % MnO, 0,3 % Al₂O₃, 0,1 % S). Аспирационная известковая пыль характеризуется наряду с высоким содержанием CaO тонкодисперсным составом (100 % менее 0,1 мм), а следовательно, развитой реакционной поверхностью, обеспечивающей высокую эффективность взаимодействия с обрабатываемыми отходами. Пробы ОСВ обрабатывались и исследовались в исходной влажности (30 – 35 %). Реагенты перемешивались с ОСВ при комнатной температуре и в условиях подогрева. Содержание известковой пыли в полученных смесях составляло от 1 до 3 %, окалины – 10 %. Исследования показали возможность существенного снижения содержания водорастворимых соединений цинка (на 75 – 85 %), свинца (на 47 – 93 %), меди (на 77 %), фтора (до 75 %) за счет их осаждения при реагировании с вводимыми добавками (рисунок 1). Эффективность осаждения зависит от вида добавки, ее содержания, условий смешения. Установлено избирательное действие добавок на отдельные элементы. Например, известковая пыль обеспечила отличный эффект по цинку – уменьшение на 50 %, но не оказала влияния на медь. Добавка окалины, наоборот, привела к снижению содержания водорастворимой меди – на 25 %, но не привела к осаждению

цинка. В отношении фтора известь была значительно более эффективной – снижение на 53 %, чем окалина – снижение на 27 %. Суммарное снижение водорастворимых соединений при смешении ОСВ с обезвреживающей добавкой при комнатной температуре составило для извести 32,2 %, для окалины – 32,6 %. Смешение в условиях нагрева способствовало существенному повышению обезвреживающего эффекта по меди: получено снижение содержания ее водорастворимых ионов на 62 – 77 %. При нагреве достигнуто также снижение содержания водорастворимых соединений свинца – на 25 %. В то же время, нагрев практически не оказывал влияние на эффективность осаждения фтора и несколько ухудшил достигнутый при использовании извести без нагрева эффект в отношении цинка.



1 – исходные ОСВ; 2 – ОСВ+известь; 3 – ОСВ+хвосты;
4 – ОСВ+известь+хвосты

Рисунок 1 – Доля подвижных форм от общего содержания элементов в исследуемых материалах, %

Найдена пропорциональная зависимость эффективности обезвреживания ОСВ известковой пылью от ее содержания в смеси, наибольший эффект достигнут при содержании извести 3 %. Установлен сильный де-

зодорирующий эффект обезвреживающих добавок: при их вводе в сырой осадок отмечалось исчезновение характерного запаха, особенно при использовании прокатной окалины.

Проведенные промышленные эксперименты подтвердили полученные лабораторные результаты, а также показали, что обработка ОСВ известковой пылью позволяет снизить содержание водорастворимых соединений марганца в 59 раз, мышьяка – в 3,6 раза, нефтепродуктов и смол – в 3 раза, формальдегида – в 2 раза, а также приводит к повышению барьерной функции ОСВ по отношению к бактериальной флоре и гельминтологическим загрязнениям, в результате чего материал из категории «сильнозагрязненный» переводится в категорию «малозагрязненный».

На основании полученных результатов сделано предположение о том, что при перемешивании ОСВ с отходами горнометаллургических предприятий, содержащих активные соединения кальция или железа, также может быть достигнут обезвреживающий эффект. В течение 5 лет на двух крупнейших промышленных отвалах – хвостохранилище Абагурской обогатительно-агломерационной фабрики и шламохранилище Западно-Сибирского металлургического комбината – исследовалась возможность нейтрализации ОСВ заскладированными отходами и обезвреживания отвалов покрытием их поверхности слоем ОСВ.

Выбор Абагурского хвостохранилища обусловлен необходимостью предотвращения выветривания мелких классов хвостов и дальнейшего изменения химического и минералогического состава материала, улучшения эстетики близлежащих районов, а также возможностью обезвреживания вносимых в почву ОСВ с точки зрения снижения содержания подвижных и водорастворимых форм тяжёлых металлов. Исходя из основных требований к месту размещения опытной площадки, выбрана северо-восточная верхняя горизонтальная часть площадки № 1 хвостохранилища № 1 со следующими характеристиками:

- хвостохранилище расположено на мощной глиняной «подушке», предотвращающей загрязнение подземных водоносных слоёв;
- доступ талых и ливневых вод к реке Кондоме преграждает канал ливневых и промышленных стоков;
- участок имеет практически горизонтальную поверхность без ям и уклонов, что исключает появление застойных зон для вымываемых из ОСВ водорастворимых соединений;
- анализ воды из канала до и после размещения ОСВ позволяет контролировать возможное загрязнение токсичными водорастворимыми соединениями;

- участок находится с подветренной стороны по отношению к преобладающей части хвостохранилища, что позволяет оценить выживаемость растений в экстремальных условиях ветровой эрозии;
- участок находится на верхней прилегающей к склону части хвостохранилища, что позволит использовать естественное распространение семян растений по склону.

Эксперименты на шламоохранилище ОАО «ЗСМК» проводились с целью разработки эффективной технологии рекультивации склонов дамбы и в перспективе после окончания эксплуатации рекультивации всего шламоохранилища.

Эксперимент по обезвреживанию осадков сточных вод известковой пылью осуществлялся на территории хвостохранилища № 1 Абагурской аглофабрики.

Исходные материалы характеризовались следующими показателями:

- влажность ОСВ 47,5 – 60 %;
- содержание активной извести ($\text{CaO}_{\text{акт}}$) в известковой пыли – 62,9 %.

В процессе перемешивания извести с ОСВ происходило значительное повышение температуры смеси – до 90 – 100 °С, сопровождающееся интенсивным парообразованием. Известно, что в таких условиях яйца гельминтов погибают в течение нескольких минут. Усреднённая смесь была оставлена в бурте для сохранения температурного режима.

Органоминеральный субстрат, содержащий хвосты и обезвреженные известью ОСВ, составил 1 фон опытной площадки (ОСВ + известь + хвосты); 2 фон – смесь хвостов с исходными ОСВ (ОСВ + хвосты). Нагрузка ОСВ по сухому веществу составила по 1 фону – 100 т/га, по 2 фону – 30 т/га. Нагрузка для обезвреженных ОСВ снижена вследствие их высокой щёлочности. Через два месяца после закладки опытных площадок был произведён отбор проб двух типов органоминеральных смесей и воды из канала ливневых и промышленных стоков для определения контролируемых показателей.

Исследование воды из канала ливневых и промышленных стоков показало, что практически все показатели, контролируемые в воде, находились на уровне фоновых. До и после эксперимента в воде из канала промышленных и ливневых стоков было отмечено бактериологическое и вирусологическое загрязнение, радиационная характеристика соответствовала норме, вода не загрязнена гельминтами.

В ходе проведения полевого опыта по размещению ОСВ на хвостохранилище Абагурской аглофабрики проведён промышленный эксперимент по исследованию обезвреживания ОСВ в результате обработки известковой пылью и размещения в составе субстратов следующего среднего химического состава:

1 фон: ОСВ – 20 % сух. массы; хвосты – 80 %;

2 фон: ОСВ – 14 %; известь – 6 %; хвосты – 70 %.

На втором этапе (в 1998 году) провели исследование химического состава и санитарно-гигиенических показателей следующих материалов:

- органоминеральный субстрат (ОСВ + хвосты);
- органоминеральный субстрат (ОСВ + известь + хвосты);
- ОСВ, складированные в буртах на территории городских очистных сооружений с 1996 года.

Дополнительно исследовали химический состав хвостов и обезвреженных известью ОСВ, а также содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и хлорорганических пестицидов в органоминеральном субстрате (ОСВ + хвосты).

Результаты химического анализа показали, что известь способствует снижению доли подвижных форм большинства исследуемых элементов. Наиболее выраженный эффект снижения отмечается для кобальта – в 9,5 раз, для никеля и цинка – в 3,3 раза, для марганца – в 2,6 раза. Отмечено также снижение водорастворимых форм мышьяка, свинца, марганца, при некотором увеличении содержания водорастворимых солей лития, кобальта, никеля и стронция, а также существенное снижение нефтепродуктов и смол, СПАВ, формальдегида при повышении фенолов, цианидов и роданидов. Содержание водорастворимых соединений Al, Be, B, Cr, Sb было минимальным в исходных ОСВ и не изменилось после обработки известковой пылью.

Обработка исходных ОСВ повышает барьерную функцию по отношению к бактериальной флоре и гельминтологическим загрязнениям. Обезвреженные ОСВ по бактериологическим и гельминтологическим показателям относятся к малозагрязнённым. Радиационная характеристика также не превышает допустимых норм. Однако известь не обеспечила эффект по вирусологическому загрязнению: в обработанном материале обнаружены антигены ротавируса.

Результаты исследований показали, что в отношении химического состава исходных и обезвреженных известью ОСВ после их размещения на опытных участках и усреднения с материалом хвостохранилища с его стороны проявляется обезвреживающий эффект.

Сопоставление результатов исследований для двух типов смесей показывает, что по сравнению со смесью «ОСВ + хвосты» в смеси «ОСВ + хвосты + известь» установлено дополнительное снижение доли подвижных форм кобальта и цинка при небольшом увеличении доли подвижных форм свинца, марганца и никеля.

Размещение на хвостах повышает также барьерную роль в отношении патогенных микроорганизмов. Смесь (ОСВ + хвосты) обеспечивает снижение гельминтологического и вирусологического загрязнения и

характеризуется как малозагрязнённая, однако очистки по бактериологическим показателям не происходит. Смесь (ОСВ + известь + хвосты) по гельминтологическим и бактериологическим показателям классифицирована как «условно чистая». В обоих типах материала отмечены явно выраженные процессы очистки от антигена ротавирусов и увеличение «барьерной» роли смесей по отношению к антигену гепатита «А». Установлены процессы самоочищения органоминеральных смесей опытных участков по вирусологическому загрязнению.

В результате второго этапа исследований установлено, что ОСВ, складированные в буртах в течение всего периода проведения эксперимента (с весны 1996 года), продолжают оставаться загрязнённым материалом по гельминтологическим и бактериологическим показателям. В то же время отмечено снижение содержания патогенных микроорганизмов как в органоминеральном субстрате (обезвреженные ОСВ + хвосты), содержащем известь, так и в субстрате (ОСВ + хвосты). Вероятно, происходит самоочищение, более ярко выраженное в переходе субстрата (ОСВ + хвосты), с его формирующимся растительным слоем, из категории «сильно загрязнённая» в условно «чистая».

Полученные результаты показали, что в результате взаимодействия ОСВ с хвостами обогащения железных руд, содержащих оксид трехвалентного железа, обеспечивается снижение содержания водорастворимых и подвижных форм тяжелых металлов (цинк, свинец, медь, никель, кобальт, стронций), а также лития, марганца, смол, формальдегида в 2 – 12 раз при одновременном гельминтологическом обезвреживании. При дополнительной обработке смеси ОСВ с хвостами известковой пылью обеспечивается дополнительное снижение их токсичности при одновременном бактериологическом обезвреживании. При размещении ОСВ на шламохранилище, где складировались сталеплавильные шлаки и порода углеобогащения, установлено снижения уровня загрязнения токсичными соединениями (ртуть, ванадий, олово, марганец, мышьяк, свинец) не только ОСВ, но и их смесей с заскладированными отходами в 2 – 4 раза.

В то же время проведенные эксперименты показали, что органоминеральные смеси отходов с ОСВ способствуют созданию благоприятных условий для формирования активной почвенной структуры и функционирования фитоценоза на поверхности рекультивируемых отвалов вследствие повышения плотности сложения, водоудерживающей способности, содержания биогенных веществ (углерод, азот), способности к самозаращению. Рекультивированные участки в течение первого года полностью покрывались растительностью на фоне окружающей техногенной пустыни в условиях неблагоприятного климатического и техногенного воздействия.

Последующие наблюдения в течение 5 лет показали устойчивость

фитоценоза и развитие почвообразования на рекультивируемой территории. Получен гигиенический сертификат на технологию использования ОСВ для рекультивации хвостохранилища горнометаллургического предприятия.

УДК 658.567.1:621.311.21

ЗОЛОСФЕРЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ – ОТХОД ИЛИ УНИКАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ?

Волынкина Е.П., Гладких И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Из 2 млрд. т отходов, образующихся ежегодно в России, общий объем образования отходов производства и потребления в Кемеровской области составляет более половины. Основной объем образующихся отходов обусловлен деятельностью предприятий горнодобывающей промышленности, преимущественно угледобывающей – 944073,186 тыс. т, что составляет 93,64 % от общего объема образовавшихся отходов. Существенный вклад в образование отходов вносят электроэнергетика (2085,428 тыс. т), черная и цветная металлургия (14551,502 тыс. т и 23110,312 тыс. т соответственно), химическая промышленность (29,693 тыс. т), жилищно-коммунальное хозяйство (403,829 тыс. т). Огромные скопления этих отходов нарушают экологическое равновесие в природе, являются источником загрязнения окружающей среды, зачастую под отвалы занимают необходимые для народного хозяйства земли [1, 2].

Ежегодно на шламохранилище Западно-Сибирской ТЭЦ ОАО «ЗСМК» образуется 350 тыс. т золошлаковых отходов – смесь золоноса и шлака. Соотношение между их количественным выходом зависит от технологии и температурного режима сжигания угля. В последние годы доля шлака в смеси колеблется от 5 до 17 %, в среднем 12 %. Таким образом, на гидроотвал направляется примерно около 40 тыс. т шлака и около 300 тыс. т золы. В результате естественной сепарации наиболее легкие компоненты складированных отходов – микросферы золы (золосферы), составляющие 0,2 – 20 % от количества золошлаковых отходов, выносятся в пруд вторичного отстаивания и образуют на водной поверхности плавающий слой – пену.

В настоящее время на поверхности отстойника скопилось около 4 тыс. т пены (в пересчете на сухое вещество), покрывающей 2/3 его поверхности. Скопившаяся пена затрудняет работу по обслуживанию гидротехнического сооружения. Полезная площадь пруда вторичного от-

стаивания по проектным данным составляла 0,25 км². Слой пены, лежащий на поверхности пруда, сократил полезную площадь примерно на 30 %, что оказывает негативное влияние на качество очищенной воды, прежде всего на концентрацию взвешенных веществ. В летний период слой пены высыхает и легко переносится ветром на прилегающие территории. Нагрузка по пыли с подветренной к пруду стороны достигает более 1000 г/м² в год. Кроме того, пена, лежащая на поверхности пруда плотным слоем, способствует образованию участков с развивающейся растительностью, что может привести к зарастанию и дальнейшему уменьшению полезной площади и объема пруда.

Все вышеперечисленные факторы создают проблему очистки пруда вторичного отстаивания от плавающего слоя пены, а также дальнейшего использования микросфер золы Западно-Сибирской ТЭЦ.

Микросферы золы (золосферы) представляют собой спекшиеся стекловидные алюмосиликатные правильные сферические образования с коэффициентом формы 1, с гладкой блестящей поверхностью, заполненные CO₂, N₂, SO₂ и водяным паром. На рисунке 1 представлен снимок микросфер с пруда вторичного отстаивания шламохранилища ЗСМК, выполненный с увеличением 1:90 на микроскопе Биолам.

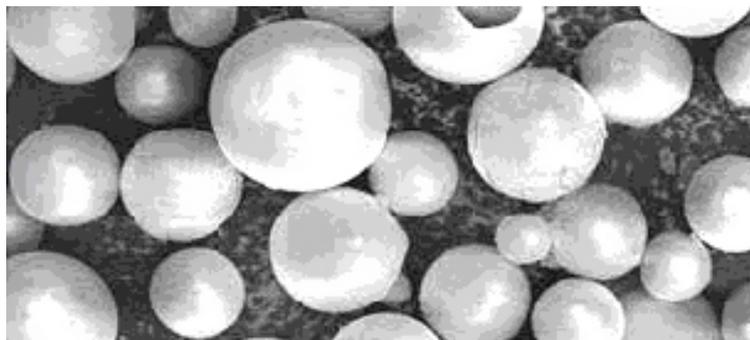


Рисунок 1 – Микросферы золы гидроотвалов Западно-Сибирской ТЭЦ

По отобранным пробам с гидроотвалов Западно-Сибирской ТЭЦ был выполнен анализ химического состава и физико-механических свойств пены (золосфер), образующейся на поверхности грязной и чистой карты шламонакопителя.

Золы от сжигания каменных углей и антрацитов Кузбасса по химическому составу представлены в основном SiO₂ и Al₂O₃ [3]. Содержание CaO обычно не превышает в них 6 %. Химический состав микросфер, находящихся в виде пены на пруду вторичного отстаивания гидроотвального хозяйства ОАО «ЗСМК», следующий, масс. %: SiO₂ – 68,9; Al₂O₃ – 17,0; Fe₂O₃ – 5,7; CaO – 2,8; MgO – 1,5; K₂O – 1,1; S – 0,019; Mn – 0,001; P – 0,004; п.п.п. 1,15.

Гранулометрический состав микросфер следующий, %: более 0,2 мм – 12,8; 0,08 – 0,2 мм – 58,4; менее 0,08 мм – 28,8 %. Насыпная плотность сухого материала – 0,20 – 0,40 г/см³, материала с рабочей влажностью 45 % - 0,471 г/см³. Удельная поверхность – 2800 см²/кг. Кажущаяся плотность 0,11 – 0,35 г/см³, прочность на всестороннее сжатие 5 – 10 МПа. Плавуемость микросфер составляет более 92 %, коэффициент заполнения объема (КЗО) – 55 – 64, теплопроводность от 0,4 до 0,7 кДж/(м·с·°С).

Важным параметром зол ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей, минеральной ваты, жароупорного бетона и других материалов, изготовление которых связано с нагреванием до высоких температур, являются термические свойства. Высокотемпературные процессы включают размягчение частиц золы, их контактное спекание, вспучивание и кристаллизацию при охлаждении. Плавуемость золы оценивают по трем параметрам: началу деформации, началу размягчения и началу жидкоплавкого состояния. Для определения температур размягчения и жидкоплавкого состояния выполнен расчет на основании эмпирических уравнений [4] для определения температуры плавления и начала жидкоплавкого состояния золы по ее химическому составу:

$$t_{\text{плавления}} = 1094 + 42,5 K_{\text{пл}},$$

$$t_{\text{жид.}} = 1139 + 48,6 K_{\text{пл}},$$

где $\hat{E}_{\text{г.е}} = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3}$.

Показатели, рассчитанные по компонентам химического состава микросфер, составляют: температура размягчения – 1459 °С, температура жидкоплавкого состояния – 1557 °С. На основании вышеприведенных термических характеристик можно классифицировать микросферы золы шламохранилища ЗСМК как тугоплавкую золу.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что микросферы обладают совокупностью уникальных свойств, что обуславливает широчайший спектр направлений при их применении в современной промышленности.

Сферическая форма – идеальная форма для наполнителя, позволяющая снизить расход смол и крепителя, а также снижает усадочную деформацию. Микросферы – необычайно легкий наполнитель, его вес составляет не более 25 % веса других минеральных наполнителей, что обеспечивает удобство использования, снижает транспортные затраты. Химическая инертность микросфер обеспечивает высокую устойчивость к кислотам и щелочам. Низкая теплопроводность позволяет использовать микросферы в качестве идеального теплоизоляционного материала.

ла. Высокая температура плавления дает возможность широкого применения в производстве высокотемпературной изолирующей огнеупорной керамики, а также огнеупорных покрытий.

Микросферы являются превосходным наполнителем при производстве изделий из пластмасс, гипса, керамики, облегченных цементов и других строительных материалов, а также для производства легких жаростойких бетонов. Изделия с добавлением микросфер обладают повышенной износостойкостью, легкостью и высокими изоляционными свойствами. Кроме всего, использование микросфер в качестве наполнителей, значительно снижает себестоимость продукции.

Библиографический список

1. Бухгалтер Э.Б., Будников Б.О., Будникова О.А. Обращение с отходами как важнейшее направление устойчивого развития в странах Европейского союза // Экология промышленного производства. 2003. Апрель. С. 45 – 55.
2. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Доронина О.Д. Экологически чистое производство: содержание и основные требования // Экология и промышленность России. 2000. Март. С. 19 – 23.
3. Альтшуллер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. М.: Недра, 1976. 280 с.
4. Пантелеев В.Г., Ларина Э.А., Мелентьев В.А. Состав и свойства золы и шлака ТЭС. Справочное пособие. Энергоатомиздат, Ленинградское отделение // Ленинград, 1985. 286 с.

УДК 669.184

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ КОМПОНЕНТОВ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**Мокринский А.В., Лаврик А.Н., Волынкина Е.П., Протопопов Е.В.,
Соколов В.В., Долгополов В.П., Халаман Н.А.***

*Сибирский Государственный индустриальный университет,
ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»,
г. Новокузнецк*

Количество твердых бытовых отходов (ТБО) увеличивается из года в год во всем мире. В России 96 – 98 % ТБО размещается на свалках, подавляющее большинство которых находится в неудовлетворительном санитарном состоянии. Официальные свалки мусора вокруг городов пе-

* В работе принимали участие В.А. Буймов, М.А. Щеглов, Ю.А. Селезнев.

реполнены и практически не могут принимать отходы. Значительное количество ТБО попадает на несанкционированные свалки, количество которых неуклонно растет. На территории России свалки по мере увеличения их количества и массы складываемых на них отходов в условиях отсутствия выделения особо опасных компонентов и исключения их почвенного размещения вносят все более серьезный вклад в загрязнение окружающей среды. Смог от постоянно горящих свалок стал привычным явлением для многих российских городов. Проведенные в 2000 – 2001 гг. в г. Новокузнецке исследования показали, что вследствие горения бытовых отходов на городской свалке в окружающую среду выделяется спектр высокотоксичных веществ, включая оксиды серы, азота и углерода, цианиды, полициклические ароматические углеводороды, хлорорганические соединения. Токсичный и удушливый дым со свалок свободно распространяется в приземном слое атмосферы, полностью накрывая города в период неблагоприятных метеоусловий.

Промышленные центры с развитой металлургической промышленностью всегда возглавляли список наиболее загрязненных городов России. Горение свалок бытовых отходов в последние годы значительно обострило и без того сложную экологическую обстановку. В то же время, в последнее десятилетие все большее число ученых и специалистов во всем мире, в том числе и в России, высказывает идеи использования металлургических агрегатов для переработки твердых бытовых отходов, особенно их горючих компонентов. Высокотемпературные металлургические агрегаты с наличием шлакового расплава, активной восстановительной или окислительной атмосферой обладают уникальными возможностями для переработки практически любых видов отходов, так как обеспечивают полное разложение токсичных компонентов или их связывание в безопасные для окружающей среды соединения. Например, в доменной печи или конвертере практически невозможно образование таких опасных для человека супертоксиантов как диоксины или фураны, а также канцерогенных углеводородов, которые в значительных количествах образуются в процессе сжигания некоторых видов отходов даже на мусоросжигательных заводах и тем более при неорганизованном горении на свалках. Обладая высокой производительностью, металлургия позволяет перерабатывать значительные количества отходов при сравнительно небольшом их расходе на тонну стали. Как известно, в индустриально развитых странах практически полностью в черной и цветной металлургии перерабатываются такие компоненты бытовых отходов, как металлические банки из жести и алюминия. В Германии и особенно в Японии растет количество перерабатываемых в металлургии отходов пластмасс. В настоящее время Япония приближается к уровню 1 млн. т в год отходов пластмасс, перерабатываемых в коксовых и доменных печах (вдува-

ние через фурмы в горн доменных печей), что составляет 10 % от уровня их ежегодного образования. Надо сказать, что переработку пластмасс осуществляют известные германские и японские металлургические компании, обладающие экологическим сертификатом ИСО 14 000, что является официальным международным признанием экологической чистоты данных технологий. Известны также факты переработки опасных биологических отходов в высокотемпературных металлургических агрегатах.

Практически одновременно в США и России были проведены промышленные эксперименты и запатентованы технологии выплавки стали с использованием другого горючего компонента ТБО – отработанных автомобильных покрышек. В США покрышки сжигались в электродуговой печи при одновременной подаче кислорода, заменяя уголь и кокс. Органическая составляющая покрышек являлась источником химической энергии, а корд становился частью расплава. Отмечается, что при сжигании покрышек выделяется значительно больше тепла, чем при сжигании угля, обеспечивалась их полная утилизация в процессе, не приводя к увеличению выбросов. Отмечается, что сжигание покрышек дает не только тепло, заменяя использование углей, но и действует как катализатор горения оксида углерода и углеводородов, что обеспечивает дополнительный тепловой эффект и снижение выбросов загрязняющих веществ. Достигнутый тройной эффект, называемый американцами «win-win-win», обеспечивает заинтересованность в этой технологии как металлургов, так и общества в целом.

В 2002 – 2003 гг. на Западно-Сибирском металлургическом комбинате проведена серия промышленных экспериментов, а, начиная с 2003 г., внедрена технология выплавки стали в конвертерах с использованием отработанных автомобильных покрышек. Технология предусматривает ввод в конвертер на стадии предварительного нагрева лома при одновременной подаче кислорода средне- и малогабаритных автопокрышек в целом виде вместе с металлическим ломом. Органическая часть покрышек сгорает с выделением значительного количества тепла, металлический корд расплавляется, заменяя часть металлолома. Результаты технического анализа органической части покрышек приведены в таблице 1. Органическая часть покрышек в среднем представлена следующими элементами, % рабочей/органической массы: углерод, C^r/C^{daf} – 85,5/88,0; водород, H^r/H^{daf} – 8,00/8,20; кислород, O^r/O^{daf} – 2,30/2,40; азот, N^r/N^{daf} – 0,40/0,40. Величина низшей теплоты сгорания в пересчете на рабочую массу (Q_i^r) составляет 33,5 – 35,6 МДж/кг, что значительно выше теплоты сгорания традиционно используемого в технологии угля (25,1 – 28,1 МДж/кг). Доля металлического корда колебалась в пределах 5 – 15 % общей массы покрышки.

Таблица 1 – Результаты технического анализа органической части автопокрышек, %

Марка автопокрышек	Влажность W^r_t , %	Зольность A^d , %	Выход летучих веществ V^{daf} , %	Содержание серы S^d , %	Содержание стабильного углерода $C^r_{стаб}$, %
Среднегабаритные покрышки					
260×508	0,46	3,15	71,2	1,32	27,76
280×508	0,55	2,63	70,6	1,40	28,47
260×508 P	0,61	3,30	70,0	1,42	28,83
320×508	0,53	2,38	69,9	1,63	29,23
Малогабаритные покрышки					
840×15	0,40	2,10	71,0	1,70	28,28
205/70×14	1,00	3,33	70,5	1,62	28,23
Предельные значения	0,40-1,00	2,10-3,30	69,9-71,2	1,32-1,70	27,76-29,23

Установлено, что максимальная технологическая эффективность и экологическая безопасность конвертерного процесса обеспечивается при расходе автопокрышек до 2 кг/т стали. Коэффициент замены угля покрышками составил 1,5 т/т, т.е. сжигание 1 т покрышек равноценно по достигаемому тепловому эффекту в конвертере сжиганию 1,5 т угля. Использование покрышек практически не сказывалось на технологических показателях плавки и качестве выплавляемой стали (таблица 2). Использование отработанных автомобильных покрышек позволило повысить приход тепла в конвертер за счет увеличения теплоты сгорания топлива и улучшения условий теплопередачи вследствие повышения светимости факела при сжигании сажистых частиц, что привело к снижению общего расхода топлива.

Установлено также, что ввод покрышек в конвертер не повлиял на содержание в отходящих газах пыли. 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). Концентрация в выбрасываемых в атмосферу газах SO_2 при рекомендуемом расходе покрышек была не выше, чем на сравнительных плавках с использованием угля без добавки покрышек. В настоящее время в сталеплавильном производстве комбината перерабатывается свыше 30000 штук автопокрышек, что полностью решило проблему их утилизации в г. Новокузнецке и близлежащих населенных пунктах. Только в 2004 г. комбинат принял на перера-

ботку отработанные автопокрышки от 248 предприятий региона.

Таблица 2 – Усредненные технико-экономические показатели работы 160-тонных конвертеров с использованием отработанных автопокрышек

Показатели	Разработанная технология	Обычная технология
Количество плавок	100	100
Расходы, кг/т жидкой стали:		
чугуна	773,3	775,1
лома	313,6	312,0
извести	53,7	54,0
отработанных покрышек	2,8	-
угля	14,2	18,5
Продолжительность операции, мин:		
предварительного нагрева	5,19	6,0
продувки	21,5	21,6
Суммарный расход кислорода, м ³ /пл.	9703	9695
Состав чугуна, %:		
Si	0,35	0,38
Mn	0,43	0,42
S	0,016	0,016
P	0,17	0,16
Температура чугуна, °С	1326	1330
Состав металла на первой повалке, %:		
C	0,13	0,10
Mn	0,16	0,15
S	0,021	0,020
P	0,015	0,016
Температура металла на первой повалке, °С	1620	1610
Состав шлака на первой повалке, %:		
FeO _{общ.}	22,8	24,1
MgO	3,5	3,5
Основность шлака	3,7	3,6
Выход жидкой стали, %	92,0	92,0

Способ выплавки стали в конвертере с использованием отработанных автомобильных покрышек запатентован*. В 2004 г. технология переработки отработанных автопокрышек в кислородных конвертерах стала лауреатом конкурса «Национальная экологическая премия» в номинации

* Патент России № 2215045

«Экология города» за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России.

Продолжением данного направления является разработка технологии переработки в сталеплавильных агрегатах смеси горючих компонентов твердых бытовых отходов в виде брикетированного остатка после их сортировки и выделения ценных компонентов, имеющих в настоящее время рынок сбыта. Известно, что сортировка бытовых отходов и переработка полезных компонентов позволяют более чем на 50 % сократить количество образующихся ТБО. После отсортировки пригодных для вторичной переработки компонентов (макулатура, полиэтиленовые отходы, пластмассы, стекло, лом черных и цветных металлов) образуется остаток, представляющий собой смесь пищевых отходов, загрязненных бумаги и картона, древесных и текстильных компонентов, кожи, резины и др. Предложено остаточную часть отходов спрессовывать в блоки стандартного размера и использовать в качестве топлива в высокотемпературных сталеплавильных агрегатах (мартеновская печь, конвертер). Термическая переработка ТБО позволит снизить их объем не менее чем в 10 раз, при эффективном обезвреживании и попутном использовании энергетического потенциала.

Выполнена проработка технологии выплавки стали в мартеновских печах и кислородных конвертерах с использованием не утилизируемого остатка бытовых отходов в виде спрессованных и обвязанных проволокой брикетов, загружаемых в сталеплавильный агрегат совместно с твердой шихтой и сжигаемых на стадии предварительного подогрева лома. Проведены технологические, теплотехнические и экономические расчеты. Установлено, что в результате сжигания отходов обеспечивается экономия традиционно используемого топлива, например мазута, каменного угля или кокса. Коэффициент замены топлива отходами зависит от их состава и может колебаться от 0,28 до 1,5 т/т. Выполненные расчеты и проведенный анализ технологии выплавки стали с использованием ТБО показали, что данная технология не приводит к дополнительному увеличению загрязнения окружающей среды и не оказывает влияния на качество конечной продукции, так как:

- доля ТБО от массы всей шихты, загружаемой в сталеплавильный агрегат незначительна – 0,2 %;
- в сталеплавильный агрегат вводятся пакеты ТБО после сортировки, в результате которой выделены компоненты, которые могут оказать влияние на качество стали или загрязнение окружающей среды;
- ТБО вводятся в виде спрессованных и обвязанных пакетов, что практически исключает вынос пыли из сталеплавильного агрегата;
- высокая температура и окислительная атмосфера в сталеплавильном агрегате способствуют разрушению органических составляю-

щих, в том числе и особо ядовитых диоксинов и фуранов;

– наличие извести в большом количестве в составе флюсов, офлюсованного агломерата способствует связыванию хлорорганических соединений.

При расходе отходов порядка 2 кг/т стали крупное металлургическое предприятие с производством стали 6 млн. т в год сможет без ущерба для технологического процесса переработать не менее 12000 т горючих компонентов бытовых отходов. При средней массе мелко- и среднегабаритных отработанных автопокрышек 70 кг на таком предприятии их может быть переработано более 170000 штук в год. При средней плотности смеси горючих компонентов твердых бытовых отходов 200 кг/м³ объем их переработки составит не менее 60000 м³. Таким образом, технология переработки горючих компонентов бытовых отходов в сталеплавильных агрегатах совместно с организацией их сортировки позволит в значительной степени решить проблему утилизации бытовых отходов в регионах с развитой металлургической промышленностью.

УДК 668.819.5

ПОЛУЧЕНИЕ ФТАЛОЦИАНИНОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЦЕХА ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

Величко А.В., Павлович Л.Б., Самигулина Л.А.

*ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат»
г. Новокузнецк*

Охрана окружающей среды от загрязнений и утилизация промышленных отходов – одна из наиболее актуальных задач современности. Сегодня в городах, больших урбанизированных районах воздух и водные ресурсы оказались загрязненными до недопустимого уровня.

В последние годы внимание ученых стали привлекать металлокомплексные катализаторы процессов окисления-восстановления. Активным центром таких катализаторов является ион металла, прочно связанный с ближайшим лигандным окружением, который повышает реакционную способность веществ при включении их в координационную сферу металлокомплекса. В литературе отмечаются попытки использования в качестве катализаторов карбидов и цианидов переходных металлов, однако низкая термическая и химическая устойчивость не позволяет надеяться на их широкое применение в промышленности.

Металлокомплексы фталоцианина, обладающие уникальной для металлорганических соединений химической и термической стабильностью, наиболее полно удовлетворяют требованиям, предъявляемым к та-

кого рода катализаторам. Они с полным основанием могут рассматриваться как структурные аналоги простатических групп природных ферментов - гемоглобина, миоглобина, хлорофилла. Активные центры таких комплексов идеально приспособлены для обратимого связывания малых молекул и проведения с ними окислительно-восстановительных превращений. Такого рода катализаторы уже используются в ряде важных для промышленности процессов (очистка углеводородного сырья от сернистых соединений, окисление углеводов).

Металлофталоцианины являются эффективными катализаторами процесса окисления – восстановления в промышленном синтезе, отличающиеся «мягкостью» и высокой селективностью.

Так фталоцианины кобальта (ФЦСо) проявляют высокую активность в реакциях жидкофазного окисления сероводорода, используются в качестве катализаторов демеркаптанизации топлив, газов. Высокая активность тетрасульфотфалоцианина кобальта (ТСФК) в присутствии отравляющих катализатор цианидов позволяет применять его при очистке коксового газа, содержащего в больших количествах синильную кислоту, от сероводорода. ТСФК может применяться в растворенном виде и как гетерогенный катализатор. При нанесении на активный уголь, он может быть использован для очистки сточных вод, содержащих небольшие концентрации сернистых соединений. При этом возможно отделение катализатора от окисляемого раствора и его повторное использование.

Известно, что металлофталоцианины (МФЦ) обладают способностью вести окисление оксида углерода при температурах до минус 78 °С. С этой точки зрения фталоцианины меди, кобальта, марганца и железа представляются перспективными катализаторами для создания неэнергоёмких процессов. Однако широкому внедрению данных катализаторов препятствует отсутствие их промышленного производства. В то же время, при производстве фталевого ангидрида (ФА) на ОАО «ЗСМК» образуется головная фракция дистилляции, содержащая 99,8 % ФА, имеющая повышенную окраску по платино-кобальтовой шкале, которая является отходом производства. Подача головной фракции на вторичную обработку и дистилляцию совместно с ФА, снижает его качество и выход.

Предлагается перерабатывать головную фракцию дистилляции на месте в цехе фталевого ангидрида (ЦФА) с получением более дорогих дефицитных товарных продуктов – металлофталоцианинов (МФЦ), в частности фталоцианиновых пигментов и катализаторов.

Синтез МФЦ проводили методом запекания в лабораторных условиях. Для синтеза ФЦCu испытаны следующие соли меди: карбонат $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, сульфат $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, хлорид $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ацетат $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в сравнении с CuCl (I). Для синтеза ФЦСо испытаны следующие соли кобальта: хлорид $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сульфат $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,

нитрат $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Эксперименты показали, что принципиально все испытанные соли дали фталоцианиновые комплексы. Синтез зависел от температуры и продолжительности: при использовании сульфата и хлорида меди образовывался ФЦСи через 4 часа, в то время как использование карбоната и ацетата приводило к образованию ФЦСи пигментной формы при более длительном времени синтеза – до 30 часов. Выход ФЦСи при использовании в качестве комплексообразователя CuCl (I) составлял 56 – 69 %, CuCl_2 (II) – 37,1 %, CuSO_4 – 35,0 – 43,0 %, на остальных реагентах не превышал 18,0 %. Выход ФЦСо составлял 29 – 35 %.

Синтез МФЦ в среде пластифицирующих агентов (разбавителей), т. е, в жидкой среде, приводит к увеличению выхода МФЦ. С целью увеличения выхода, упрощения, удешевления технологии синтеза и поиска отечественного пластифицирующего агента провели исследования по подбору наиболее доступного пластификатора из продуктов нефтехимического производства: АМТ-300, трансформаторное, компрессорное, турбинное, веретенное масла и керосин. Выбор обусловлен температурой кипения в пределах температуры процесса синтеза 190 – 225 °С, доступностью и возможностью утилизации отработанного продукта в рамках КХП без его регенерации. Установлено, что при синтезе МФЦ в лабораторных условиях в жидкой среде выход ФЦСи в случае синтеза с хлоридом меди (I) увеличивался до 83 – 84 %, а в отдельных случаях значение подбор более доступного, дешевого сырья, выпускаемого отечественной промышленностью до 92 %; с сульфатом меди – до 66 %. Выход ФЦСи существенно зависел от отношения пластифицирующего агента к сухой массе реакционной смеси. Наиболее приемлемым в синтезе ФЦСи показало себя масло с минимальной кинематической вязкостью (10 – 13 мм/с² при 50 °С и 3,0 мм/с² при 100 °С) трансформаторное, температура кипения которого составляет 190 – 300 °С. С целью увеличения выхода МФЦ при практической реализации технологии исследовано влияние расхода мочевины, комплексообразователей солей меди – хлорида (I), сульфата, катализатора – молибдата аммония – на выход технического ФЦСи, в среде трансформаторного масла. Относительно ФА изменяли содержание в реакционной смеси, %: мочевины от 47 до 162,0, солей меди – сульфата от 23,0 до 42,0, хлорида от 15,0 до 27,0, катализатора от 0,55 до 1,7. Установлены рациональные расходные нормы реагентов синтеза по отношению к ФА. Рекомендуются для производства ФЦСи следующий состав реакционной смеси, %: ФА – 42,3, мочевина – 42,3, комплексообразователь – 14,8, катализатор – 0,6.

Опытно-промышленные и промышленные испытания подтвердили лабораторные исследования и показали возможность производства МФЦ в периодическом процессе с выходом технического продукта 76 – 84 %, содержанием основного вещества 72 – 74 % (ФЦСо), 88 – 92 % (ФЦСи).

Разработана и внедрена в опытно-промышленных условиях технология производства на базе головной фракции дистилляции ФА: фталоцианина кобальта (ФЦСо), тетрасульфотфалоцианина кобальта (ТСФК) и фталоцианина меди (ФЦСи). Отработаны в лабораторных и опытно-промышленных условиях практические аспекты технологии их производства с целью промышленной реализации и использования у потребителя. Для удешевления и упрощения промышленной реализации производства МФЦ исследована возможность использования практически всех типов выпускаемых в стране соединений меди и кобальта - солей комплексообразователей (хлоридов, сульфатов, нитратов, ацетатов, карбонатов).

Установлено, что наиболее рациональными комплексообразователями, которые могут заменить однохлористую медь, являются сульфаты меди и кобальта, обеспечивающие максимальную скорость реакции синтеза. Исследована серия пластифицирующих агентов – продуктов переработки нефти и химических продуктов коксования каменного угля. В качестве пластификаторов наиболее приемлемы керосин и трансформаторное масло, используемые в коксохимическом производстве.

Изучение влияния рецептуры и технологических параметров позволило оптимизировать технологический процесс синтеза ФЦСо, ФЦСи, рецептуру, расход катализатора и мочевины. Полученные результаты подтверждены в опытно-промышленных и промышленных условиях при получении ФЦСо, ФЦСи и ТСФК.

Возрастание доли сернистых нефтей и газоконденсатов, вовлекаемых в переработку, а также значительное повышение доли энергозатрат в себестоимости продукции вызывают настоятельную необходимость в разработке и внедрении каталитических энерго- и ресурсосберегающих технологий сероочистки. Это актуально в особенности для тех нефте- и газоперерабатывающих предприятий, где очистка углеводородного сырья от сернистых соединений осуществляется не регенеративными способами.

Так, на многих предприятиях для очистки сжиженных углеводородных газов и легких бензиновых фракций от меркаптанов до сих пор используется малоэффективная не регенерируемая щелочная очистка, сопровождающаяся образованием большого объема токсичных дурно пахнущих сернисто-щелочных стоков. Из-за обратимости реакции взаимодействия щелочи с меркаптанами для обеспечения необходимой глубины демеркаптанизации нефтепродуктов приходится раз в две недели сливать в сернисто-щелочную канализацию концентрированные дурно пахнущие стоки с концентрацией свободной щелочи до 10 – 15 % масс.

В этой связи большую актуальность приобретает повсеместное внедрение каталитических регенеративных процессов сероочистки. Наи-

большее применение в отечественной и зарубежной практике для этих целей нашли катализаторы на основе фталоцианиновых комплексов переходных металлов, в частности катализаторы на основе фталоцианина кобальта, обладающие достаточно высокой активностью в реакциях окислительной демеркаптанализации нефтепродуктов и при обезвреживании токсичных сернисто-щелочных стоков.

Из используемых в практике сероочистки фталоцианиновых катализаторов наиболее технологичными и удобными в эксплуатации показали себя гетерогенные катализаторы, изготовленные нанесением фталоцианина кобальта в смеси с солями других металлов переменной валентности на полимерный носитель. Эти катализаторы, выполненные в форме эффективного насадочного элемента с развитой геометрической поверхностью, обеспечивают эффективный массообмен окисляемого продукта с кислородсодержащим газом. В отличие от катализаторов на углеродистой основе, приготовленных адсорбционной пропиткой углеродистого носителя водно-щелочным или спиртовым раствором сульфопроизводных фталоцианина кобальта, катализаторы на полимерной основе содержат более экологичный водонерастворимый фталоцианин кобальта, прочно удерживающийся между молекулами полимера. Фталоцианин из этих катализаторов не вымывается очищаемым продуктом, что обеспечивает их высокую стабильность в работе и длительный срок службы без дополнительной регенерации.

Оксиды азота, так же, относятся к числу наиболее опасных в экологическом отношении газообразных выбросов в атмосферу, но на сегодняшний день в подавляющем большинстве содержащие оксиды азота периодические газовые выбросы вообще не подвергаются очистке. Нитрозные газы, образующиеся на ряде химических производств, подвергаются, как правило, очистке сорбционными, окислительными или восстановительными методами. Радикальным же методом обезвреживания газов является каталитическое восстановление оксидов азота до азота и воды. При этом наибольшее распространение получили гетерогенные катализаторы на основе металлов платиновой группы и оксидов переходных металлов, которым кроме их высокой стоимости присущ еще ряд принципиальных недостатков: они активны лишь при высоких температурах, весьма чувствительны к каталитическим ядам, работают в бескислородных условиях. Попытки создания дешевого, стойкого к отравлению и активного катализатора на основе металлов и их оксидов к успеху пока не привели, хотя работы в этом направлении ведутся довольно активно,

Исследование процесса восстановления оксидов азота аммиаком на гетерогенных металлфталоцианатгазовых катализаторных проводилось на Кемеровском ОАО «Азот».

Показана возможность использования металлофталоциановых

комплексов в реакциях восстановления оксидов азота водородом, аммиаком. При этом восстановление оксида азота водородом в зависимости от природы центрального иона металла комплекса и концентрации NO происходит либо до азота и воды (ФЦСо и ФЦNi), либо до аммиака и воды (ФЦCu, ФЦFe). Основным недостатком фталоцианиновых комплексов в кристаллическом состоянии является их сравнительно невысокая дисперсность, не позволяющая более полно использовать активные центры в процессах катализа.

ФЦСо применен для приготовления катализаторов марки КС, КСМ в качестве каталитически активного компонента. Катализаторы КС и КСМ – гетерогенные катализаторы на полимерной основе, срок их промышленной эксплуатации более 12 лет. Эти катализаторы успешно применяются для сероочистки на нефтеперерабатывающих заводах (Московский, Уфимский, Омский, Лисичанский).

Катализатор ТСФК использован для сероочистки коксового газа на Кемеровском КХЗ.

Наряду с утилизацией отхода дистилляции ФА, созданием новых дефицитных продуктов, производство которых в России практически отсутствует, использование головной фракции дистилляции ФА в производстве МФЦ, по сравнению с ее реализацией как отхода производства, позволяет увеличить прибыль в пять раз. При этом строительство установки синтеза МФЦ из головной фракции дистилляции ФА в ЦФА позволит утилизировать отходы нового производства на действующих установках ликвидации промстоков ЦФА.

УДК 669.1.004.82

УТИЛИЗАЦИЯ ПЫЛЕВИДНЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ И КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ОТХОДОВ

ДИНЕЛЬТ В.М., ЛИВЕНЕЦ В.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

При переработке и добыче угля, в частности, при его обогащении, образуется огромное количество не утилизуемых или утилизуемых не квалифицированно 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 коксосортиро-

вок и установок сухого тушения кокса (УСТК) коксохимических заводов, отсеvy кокса ферросплавных заводов, отходы электродных предприятий, спелевый графит и др. Например, коксовая пыль коксохимических заводов и отсеvy 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, а также некоторые композиционные углеминеральные смеси для металлургических целей.

Наиболее целесообразным и экономичным способом утилизации тонкодисперсных фракций угля и других углеродистых материалов, а также отходов углеобогащения, является их окомкование с применением технологии грануляции и брикетирования.

В последние годы нами выполнен значительный объем исследований по получению брикетов и коксобрикетов преимущественно на основе углеродсодержащих шламов ряда обогатительных фабрик (ЦОФ) городов Новокузнецка, Междуреченска и Прокопьевска. При этом разработана относительно малооперационная технология получения брикетов, как состоящих полностью из шламов ЦОФ, так и на основе смесей шламов с другими тонкодисперсными углеродистыми материалами (углем, флотоконцентратом, пылью УСТК). В качестве связующих использовали концентрат лигносульфонатов, растворы щелочей (NaOH и KOH) и смолистые отходы коксохимпроизводства (КХП). Часть технологий защищена патентом Российской Федерации.

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты испытания брикетов, полученных на основе отвальных шламов ЦОФ «Абашевская» (г. Новокузнецк). Указанные результаты свидетельствуют о возможности получения высококачественных топливных брикетов как состоящих полностью из шламов, так и из смесей, содержащих кроме шламов до 50 % угля или пыли УСТК.

Представляется возможным и перспективным использование некоторых видов брикетов из тонкодисперсных углеродистых материалов вместо специальных видов кокса, например, для ферросплавного и литейного производства. Для этих целей могут быть использованы высушенные брикеты, приготовленные со связующим – концентратом лигносульфонатов или смолистых отходов и содержащие шламы и флотоконцентрат углеобоганительных фабрик и пыль УСТК. Бездымные высокопрочные коксобрикеты из подобных смесей могут быть получены при коксовании брикетов одним из указанных ниже способов: термоокислительным коксованием на цепных колосниковых решетках, коксованием в вертикальных шахтных и камерных печах, контактным коксованием за счет тепла раскаленного кокса в УСТК и т. д. Полученные в лабораторных условиях коксобрикеты отличаются высокой плотностью, пониженной пористостью (34,5 – 37,0 %) и реактивностью (0,6 – 0,8 мл/г·с) по сравнению с металлургическим коксом и могут рассматриваться как вы-

сококачественное ваграночное топливо. При этом их расчетная себестоимость (например, при прокаливании в условиях УСТК) может оказаться в 1,5 – 1,75 раз ниже, чем у металлургического кокса ОАО «ЗСМК».

Таблица 1 – Состав и свойства брикетов из тонкодисперсных углеродсодержащих шламов

№	Смесь для брикетирования и давление прессования					Свойства брикетов			
	шла м	угол ь	пыль УСТ К	связующее		давле- ние пресса	проч- ность на раздав.	сбрасыва- ние	истира- ние
	%	%	%	тип	%	МПа	МПа	%	%
1	100	-	-	без связки		150	10,13	34,1	79,0
2	100	-	-	то же		200	12,15	47,8	82,6
3	100	-	-	то же		250	14,85	59,8	90,3
4	100	-	-	концентрат	5	30	16,70	85,7	97,7
5	100	-	-	лигносульфона- та.	5	50	16,80	93,7	97,9
6	100	-	-	то же	5	100	19,15	96,6	98,2
7	100	-	-	то же	3	30	16,88	65,6	94,9
8	100	-	-	то же	3	50	18,55	94,6	95,7
9	100	-	-	то же	3	100	21,60	97,5	96,5
10	100	-	-	раствор	2	30	10,12	67,8	91,2
11	100	-	-	NaOH-50 %	2	50	12,15	78,2	93,6
12	100	-	-	то же	2	100	14,28	81,0	94,6
13	100	-	-	то же	2	150	14,41	82,0	95,0
14	100	-	-	то же	2	250	16,88	86,5	95,1
15	100	-	-	смола	5	20	5,40	0	0
16	100	-	-	каменноугольная.	5	100	10,12	35,0	0
17	50	50	-	концентрат	5	100	12,96	99,4	98,2
18	50	50	-	лигносульфона- тов.	3	100	9,45	99,5	97,5
19	50	-	50	то же	3	20	-	97,7	-
20	50	-	50	то же	5	20	-	99,7	-

2 1	50	-	50	то же	6	20	-	99,8	-
2 2	50	-	50	то же	8	20	-	99,8	-
2 3	50	-	50	смола	5	20	6,68	13,0	-
2 4	50	-	50	каменноугольная	8	20	7,43	97,4	-
2 5	50	-	50	то же	1 2	20	7,45	99,6	-
2 6	50	-	50	то же	1 2	100	13,50	99,9	-

Посредством грануляции на тарельчатом грануляторе с использованием в качестве связующих водных растворов жидкого стекла и концентрата лигносульфонатов нами были получены углеминеральные композиции из пылевидных отходов печей для производства ферросилиция (основа которых кремнезем) и тонкодисперсных углеродистых материалов: отсевов коксика и буроугольного полукокса (БПК). Высушенные гранулы (при соотношении $C_{акт}/SiO_2 = 0,55$) нами предложено использовать для получения кремнистых сплавов и металлургического карбида кремния. Способ получения последнего защищен авторским свидетельством СССР, который предусматривает прокалывание высушенных гранул в печи при температуре 1800 °С.

Свойства гранул и получаемых из них продуктов приведены в таблице 2. Как следует из таблицы, гранулы со связующим (лигносульфонатом или жидким стеклом) имеют высокую прочность. При окомковании смесей на воде получаются менее прочные и относительно мелкие гранулы, которые, однако, вполне приемлемы для использования, например, при получении карбида кремния.

Таблица 2 – Качественные характеристики высушенных гранул на основе пылевидных отходов производства ферросилиция и тонкодисперсных углеродистых материалов

Состав смеси, %						Кажущая плотность, г/см ³	Прочность на раздавливание, кгс/гранула	Прочность на сбрасывание, колич без разрушения	Выход SiC, %
Твердые материалы		Связующее							
пыль ферросплавная	отсевы коксика	БПК	лигносульфонат	жидкое стекло	Вода				
48,6	33,8	-	8,8	-	8,8	1,38	1,37	10	-
48,6	33,8	-	2,5	-	15,1	1,29	0,6	7	43,6

48,6	33,8	-	-	-	17,6	1,06	0,12	3	45,2
48,6	33,8	-	-	17,6	-	1,56	1,35	9	65,0
48,6	33,8	-	-	8,8	8,8	1,47	1,2	8	-
48,6	33,8	-	-	5,9	11,7	1,4	0,65	5	-
44,7	-	39,1	8,1	-	8,1	1,38	1,37	9	78,7
44,7	-	39,1	4,8	-	11,4	1,36	0,85	8	-
44,7	-	39,1	-	-	16,2	1,14	0,11	4	-

Таким образом, при грануляции различных пылевидных отходов производства, в том числе углеродистых, достаточно квалифицированно решается не только вопрос их утилизации, что положительно сказывается на экономике основных технологических процессов, но и снижается ущерб, наносимый окружающей среде.

Библиографический список

1. Авторское свидетельство № 1730035. СССР. Способ получения карбида кремния. / В.М. Динельт, В.И. Ливенец. // Открытия, изобретения. 1992, № 16.
2. Патент № 2107089. Россия. Смесь для получения топливных брикетов./ В.М. Динельт, В.И. Ливенец // Открытия, изобретения. 1998, № 8.
3. Динельт В.М., Ливенец В.И., Капленко А.А. Об утилизации тонкодисперсных углеродсодержащих отходов углеобогащения. // Кокс и химия 1998, № 9.
4. Динельт В.М., Ливенец В.И., Страхов В.М. Получение топлива и специальных видов кокса на основе окомкования углей и углеродистых материалов. // Кокс и химия. 2003. № 9.

УДК 669.183

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ И НЕКОНДИЦИОННОГО СЫРЬЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЕРМОСТОЙКОГО ЧУГУНА

Лубяной Д.А., Новиков Н.И.

*ОАО «ЗСМК», НФИКемГУ
г. Новокузнецк*

В настоящее время становится актуальной переработка отходов в литейных цехах или цехе изложниц. В настоящее время в исследовательских подразделениях накоплен значительный научный потенциал и выполнены разработки, позволяющие перерабатывать отходы и некондиционное сырье. К числу таких технологий следует отнести переработку ванадийсодержащих катализаторов, низкопроцентной марганецсодержа-

щей руды, переработка фосфорсодержащего чугуна.

Исследование кинетики процессов, протекающих при термовременной обработке в индукционных печах, проводилось на 40 экспериментальных плавках, от которых отбирались пробы металла (103 пробы), определяли их химический состав. Кроме того, отбирались пробы шлака (51 проба), азот в металле определяли методом вакуумплавления на приборе TN-114, а химический состав шлака – химическим методом по общепринятой методике. Содержание кислорода определялось на эсхалографе ЕАО-202 фирмы «Бальцерс», водорода – методом вакуумнагрева. Пробы металла и шлака и замеры окисленности производились через 30 – 50⁰С по ходу плавки.

Для анализа нелинейной динамики при отражении опытных данных восстановления окислов в индукционной печи на шкалах температуры и времени нагрева условно выделены 3 зоны нагрева: А (1350 – 1420⁰С), Б (1420 – 1470⁰С), В (1470 – 1520⁰С). Область низких температур – зона А характеризуется наличием очень вязкого высокоокисленного шлака с содержанием FeO до 30 %, который в виде коржей плавает на поверхности металла. Для этого шлака характерно относительно высокое содержание азота. Ввиду повышенной окисленности и малой жидкоподвижности шлак в виде коржей плавает на поверхности тигля и слабо взаимодействует с металлом. При достижении температуры 1420⁰С и заполнении тигля на 40 – 70 % начинается дробление шлакового покрова и засасывание частиц шлака циркуляционными потоками в глубь ванны. Вследствие этого резко увеличивается поверхность взаимодействия в системе металл-шлак и интенсифицируется процесс восстановления оксида железа шлака углеродом металла, что сопровождается кипением ванны. В зоне В шлак хорошо раскислен, содержание FeO ниже 4 – 5 %, а на ряде плавков – около 1 %. Кипение ванны затухает. При анализе полученных экспериментальных данных использовали аппарат формальной кинетики. В каждой зоне были получены кинетические константы реакций восстановления FeO шлака углеродом, растворенным в металле в виде

$$W_{\text{FeO}} = 210 \cdot e^{-\frac{470500}{T}} \cdot C_{\text{FeO}}^{7,172}, \quad (1)$$

где W_{FeO} – удельная скорость реакции, моль/м²; Т – температура, К.

Кинетический анализ показал, что наибольшая скорость протекания реакции соответствует зоне Б. Было выявлено, что удельные скорости восстановления в зоне Б достигают 0,15 – 0,25 моль/(с·м²). Установлено, что при выплавке чугуна при нагреве до температур, соответствующих зоне Б, целесообразна присадка марганецсодержащей руды с целью замены марганецсодержащих ферросплавов. Результаты экспери-

ментов по легированию чугуна марганцевой рудой и агломератом представлены в таблице 1.

Данные термодинамических расчетов и анализ данных таблицы 1 показал, что при нагреве чугуна до температуры необходимой для термовременной обработки (1520 °С) интенсивно протекают процессы силикотермического восстановления марганца, а также углетермического восстановления марганца и кремния. Интересные результаты получены при присадке до термовременной обработки ванадиевого шлака, содержащего окислы хрома и ванадия. Термодинамическими расчетами и экспериментально установлено, что, начиная с температуры 1500 – 1520 °С, процессы восстановления идут последовательно и из ванадиевого шлака и из гарнисажа футеровки начинает восстанавливаться хром, а начиная с температур 1530 – 1550 °С и окислы ванадия. Таким образом, можно констатировать, что операцию термовременная обработка расплава можно совмещать с прямым легированием чугуна марганцем, хромом и ванадием. Так на комбинате легирование чугуна ванадием при получении чугунов марок СЧ-25, СЧ-30 до заданных пределов 0,06 – 0,08 % может производиться как присадкой в шихту боя изложниц, так и легированием ванадиевым шлаком. После получения исходного чугуна заданного химического состава осуществляется модифицирование чугуна ферросилицием в ковше.

Таблица 1 – Результаты экспериментов по легированию чугуна марганцевой рудой и агломератом

Химический состав чугуна до присадки материалов, содержащих окислы марганца			Химический состав чугуна после присадки материалов, содержащих окислы марганца, и термовременной обработки			Усвоение марганца, %
С	Si	Mn	С	Si	Mn	
3,8	0,45	0,55	3,64	0,44	0,68	84,9
3,24	2,50	0,69	3,40	2,49	0,80	83,3
3,22	2,59	0,79	3,45	2,59	0,90	78,6
4,84	0,56	0,70	3,84	1,00	0,90	79,4
3,63	2,03	0,59	3,62	1,92	0,75	93

Одной из важных задач индукционной плавки является получение низкосернистого чугуна. На ОАО «ЗСМК» разработана технология десульфурации чугуна [1]. Сущность данной технологии заключается в обработке расплава смесью, состоящей из плавикового шпата и извести и интенсивном перемешивании гомогенной шлакометаллической эмульсии. Было отмечено различие динамического воздействия на шлак в пе-

чах промышленной частоты и в высокочастотных печах.

Для повышения эффективности данной технологии статистическими методами было оценено влияние различных технологических параметров на скорость и степень десульфурации металла в кислых индукционных печах. Анализ данных зависимостей показал, что наибольшее влияние на степень десульфурации $C_{Тдес.}$ чугуна оказывает степень заполнения тигля $C_з$ и основность шлака $O_{ш.}$. Это объясняется тем, что с уменьшением заполнения тигля возрастает удельная мощность перемешивания, и это приводит к повышению скорости циркуляции шлакометаллической эмульсии, что и обеспечивает повышение степени десульфурации металла.

С увеличением основности шлака степень десульфурации металла значительно увеличивается. Для обеспечения степени десульфурации металла около 60 %, необходимо обеспечить основность шлака 1,4 – 1,5.

Регрессионные уравнения зависимостей:

$$C_{Тдес.} = -56,927 C_з + 66,206 \quad R = 0,6086, \quad (2)$$

$$C_{Тдес.} = 66,176 O_{ш.} - 31,862 \quad R = 0,6786. \quad (3)$$

Также оценено влияние различных технологических параметров на скорость десульфурации. Было установлено, что на скорость десульфурации $U_{дес.}$ наибольшее влияние оказывает степень заполнения тигля $C_з$ и исходное содержание серы в расплаве $C_{исх.}$. Данные зависимости описываются регрессионными уравнениями:

$$U_{дес.} = 0,00192 - 0,00190 C_з, \quad R = -0,91. \quad (4)$$

$$U_{дес.} = 0,000151 + 0,00190 C_{исх.}, \quad R = 0,99. \quad (5)$$

Оптимизация процесса по построенной регрессионной модели позволила найти технологические режимы, стабильно обеспечивающие содержание серы в чугуне после обработки менее 0,01 %.

Таким образом, для обеспечения наилучшей десульфурации необходимо выдерживать следующие параметры:

- степень заполнения тигля печи – 50 %;
- основность шлака – 1,4 – 1,5;
- температура обработки – 1420 – 1430 °С;
- окисленность шлака не должна превышать 0,5 %.

На ОАО «ЗСМК» проведены исследования по влиянию продувки методом РПР на чугуны с высоким содержанием фосфора. При содержании фосфора в чугуне менее 0,2 % влияние на микроструктуру как РПР, так и СКР (струйно-кавитационное рафинирование) аналогично и заключается в измельчении графита, дроблении и измельчении фосфидной эвтектики.

При содержании фосфора около 0,30 %, получаемом вводом феррофосфора в расплав, применение РПР интенсифицирует графитообразование в чугунах [2].

Влияние продувки чугуна в пульсирующем режиме на механические свойства чугуна и коэрцитивную силу исследовано для чугуна следующего химического состава: углерод 4,26 %, марганец 0,83 %, кремний 0,64 %, сера 0,016 %, фосфор 0,20 %, хром 0,02 %, ванадий 0,05%, титан 0,04 % и представлено в таблице 2.

Анализ данных приведенных в таблицах указал на значительное влияние продувки на прочностные показатели. Уменьшение коэрцитивной силы после продувки нейтральным газом в пульсирующем режиме свидетельствует о большей однородности структуры после продувки.

Таблица 2 – Влияние продувки на механические свойства чугуна и коэрцитивную силу

Вид обработки	Твердость НВ	Прочность Gb, Н/мм ²	Коэрцитивная сила
Продувка азотом в пульсирующем режиме	182	155	23,5
Без продувки азотом	150	135	24,5

Было оценено влияние легирования чугуна фосфором и пульсирующей продувки на усадочные дефекты и спелые скопления в изложницах 12НЗ. Исходный химический состав чугуна до легирования чугуна фосфором был следующий: кремний 0,42 %, марганец 0,45 %, сера 0,016 %, фосфор 0,12 %, ванадий 0,04 %, титан 0,04 %, хром 0,01 %.

Изложницы, отлитые из низкофосфористого чугуна, характеризуются наличием значительных дефектов в виде спелых скоплений и раковин на грузозахватных приспособлениях – «ушах» изложниц. Данные дефекты значительно усугубляются, если не применяется продувка чугуна азотом. Совместное применение легирования чугуна фосфором и продувки чугуна в пульсирующем режиме позволяет устранить дефекты на грузозахватных приспособлениях и повысить качество изложниц. Повышение плотности отливок, наблюдаемое визуально, находит подтверждение и в изменении параметров решетки железа, определенное рентгеноструктурным методом на установке СибГИУ (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние обработки на параметры решетки*

* Исследование выполнено совместно с И.С. Астаховой.

Номер образца	Время продувки в пульсирующем режиме	Параметры решетки железа
1	5 минут	$a = 2,8716$
2	0 минут	$a = 2,8721$

Исследования с применением РЭММА-202 показали, что продувка азотом фосфористого чугуна методом РПР интенсифицирует образование карбонитридов в структуре чугуна.

Было выявлено, что применение РПР приводит также к измельчению карбонитридов, внедряющихся при кристаллизации в фосфидную эвтектику, способствует их равномерному распределению по сечению эвтектики. Установлено, что применение нестационарной продувки методом РПР способствует ликвации титана и ванадия в фосфидную эвтектику. Это вероятно объясняется тем, что нестационарная продувка инициирует образование комплексов титан-фосфор, ванадий-фосфор еще в жидкой фазе.

Внедрение титана и ванадия в фосфидную эвтектику стабилизирует ее каркас, предотвращает ее распад в процессе термоциклирования. Таким образом, можно констатировать, что продувка чугуна методом резонансно-пульсирующего рафинирования значительно влияет на структурообразование и механические свойства чугуна. Технология внедрена на ОАО «ЗСМК» при подготовке чугуна для отливки изложниц и шлаковых чаш [2]. Легирование чугуна феррофосфором позволило устранить преждевременный выход из строя по трещинам шлаковых чаш объемом 15 м³. Стойкость шлаковых чаш составила 230, 369, 420 и 770 наливов при содержании фосфора в чугуне соответственно 0,11, 0,12, 0,15 и 0,20 %

Библиографический список

1. Лубяной Д.А., Соловьев С.А., Яппаров Р.Т., Старченко В.Г. Способ десульфурации чугуна в индукционной печи с кислой футеровкой. Патент № 2108396.
2. Лубяной Д.А. Эффективность современных способов повышения качества изделий из чугуна и развитие металлургических и машиностроительных предприятий в условиях конкуренции / Д.А. Лубяной, Б.А. Кустов, Н.И. Новиков и др. Под ред. Д.А. Лубяного, Н.И. Новикова. – Новосибирск: Изд-во Инс-та экономики и организации пром. производства СО РАН, 2004. – 131 с.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СПЛАВОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И НЕКОНДИЦИОННЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ

БОНДАРЕВ А.А., ЛУБЯНОЙ Д.А.

*ОАО «Кузнецкие ферросплавы», НФ КемГУ, СибГИУ, ОАО «ЗСМК»
г. Новокузнецк*

В настоящее время в связи с развитием рыночной экономики возникает потребность металлургии и машиностроения в комплексных сплавах и лигатурах. Причем требуются сплавы определенного химического и гранулометрического состава, потребность в них ограничена небольшими заказами предприятий – потребителей металлургической продукции.

Следовательно, подходы, ранее принятые, а именно, производство массовых сплавов определенного состава, со строго ограниченным содержанием ведущих элементов, производимых в высокомошных печных агрегатах, становится не актуальным.

Авторами разработана и предложена технология получения комплексных сплавов как в малотоннажных индукционных печах, так и внепечным способом путем растворения специальных добавок в жидком базовом сплаве с использованием некондиционного сырья и отходов производства.

Технология производства кремнемагниевого лигатур освоена в условиях ОАО «Кузмашзавод».

Такая технология позволила производить модификатор, который используется для внутриформенного модифицирования чугуна при производстве горношахтного оборудования. Анализ микроструктуры и прочностные показатели чугунов, изготовленных с применением этих модификаторов, показал, что они полностью соответствуют требованиям заказчиков.

Наиболее эффективно применение этих модификаторов совместно с термовременной обработкой чугуна.

Сравнение этих модификаторов с модификаторами, представленными фирмой «Элкем» показало, что модификаторы, производимые ОАО «Кузмашзавод», не уступают, а в ряде случаев и превосходят модификаторы «Элкем» по содержанию базовых элементов и отличаются благоприятным их соотношением. Это позволяет использовать их для широкой гаммы отливок из высокопрочного чугуна.

Следует отметить, что разработанные технологии позволяют организовать производство отливок из высокопрочного чугуна от производства модификаторов до готового изделия на одном предприятии, имею-

щем индукционные печи, что существенно удешевляет и расширяет возможности по применению высокопрочного чугуна.

Представляет интерес совместная разработка ОАО «Кузнецкие ферросплавы» и ОАО «ЗСМК» по получению высококачественных изложниц из чугуна первой плавки с применением комплексного ферросиликомарганцевого сплава, получаемого внепечным способом.

Технология получения такого сплава основана на смешении жидкого 45 %-го ферросилиция и кускового фосфористого ферромарганца (отходы от производства товарного ферромарганца).

Преимуществом получения такого сплава является дешевизна фосфористого ферромарганца, кроме этого не нарушается базовая технология производства стандартного ферросилиция. В случае выплавки такого сплава руднотермическим процессом имеют место переходные плавки некондиционного химического состава, а также потребность в таком сплаве ограничена малыми объемами партий, заказываемых машиностроительными заводами. Технология позволяет гибко реагировать на потребности потребителя.

Кроме того, на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» была разработана и внедрена в производство технология получения ферросиликоалюминия методом растворения алюминиевых отходов как с применением физического тепла жидкого ферросилиция, так и с дополнительным подогревом алюминиевых отходов горелками на жидком и газообразном топливе. В качестве алюминиевого сырья использовались обрезь токоподводящих шин, а также силуминовая стружка.

Интересен и опыт освоения производства ферросиликованадиевой лигатуры с использованием в шихте конвертерных ванадиевых шлаков, проводимых под руководством профессора Н.В. Толстогузова в содружестве со специалистами уральского отделения академии наук в период 1988 – 1995 годов.

Получение стандартных ванадиевых сплавов основано на многооперационной переработке ванадиевого конвертерного шлака (ВКШ) и сопровождается большими потерями ванадия, поэтому непосредственное получение ванадиевых сплавов из ВКШ является чрезвычайно важной задачей. Пионерами в этом направлении были специалисты Челябинского электрометаллургического комбината (ЧЭМК), которые пошли по пути силикотермической технологии восстановления ВКШ. Однако этот способ оказался малопродуктивным, так как мог быть осуществлен только в печах малой мощности периодическим процессом. Специалисты СибГИУ, УрО АН СССР и Кузнецкого завода ферросплавов (ныне ОАО «Кузнецкие ферросплавы») пошли по пути технологии карботермического восстановления ВКШ в печах большой мощности непрерывным процессом.

Технология производства сплава была освоена в открытых руднотермических печах с мощностью трансформатора 20 мВА. Шихта состояла из ВКШ Нижне-Тагильского металлургического комбината с содержанием 16,3 – 18,6 % V_2O_5 , антоновского кварцита, коксового орешка и стальной стружки.

Сквозной коэффициент извлечения ванадия из ванадиевого шлака до феррованадия не превышает 55 %, когда как при выплавке ферросиликованадия углетермическим способом он составляет 90 – 95 %.

Такой сплав нашел широкое применение в производстве специальных сталей (оборонная промышленность, рельсовая сталь и т.д.), а также при производстве термостойкого чугуна.

Таким образом, представленные технологии высокоэффективны, легко вписываются на существующие мощности металлургических и машиностроительных предприятий. Они опробованы и внедрены в условиях ОАО «Кузмашзавод», ОАО «ЗСМК», ОАО «Кузнецкие ферросплавы».

УДК 669.15-198.004.4

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ КРЕМНИСТЫХ ШЛАМОВ НА ОАО «КУЗНЕЦКИЕ ФЕРРОСПЛАВЫ»

БОНДАРЕВ А.А., ГОРДЕЕВА А.Д.

*ОАО «Кузнецкие ферросплавы»
г. Новокузнецк*

Распространенной практикой размещения кремнеземистой пыли является строительство и эксплуатация шламонакопителей.

На ОАО «Кузнецкие ферросплавы» также было построено гидротехническое сооружение – шламонакопитель для размещения кремнеземистых шламов образующихся при улавливании газоочистными установками «мокрого» типа пылегазовой смеси от производства ферросилиция в закрытых печах, а также, ранее, и от части открытых печей. Химический состав шламов близок к составу микрокремнезема, однако содержит меньшую концентрацию кремнезема и повышенную – некоторых примесей. Химический состав шлама приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав проб шлама

Компоненты	Состав проб шлама, % масс.	
	Шламонакопитель (карта № 1) (шлам)	Шламонакопитель (карта № 2) (шлам)
SiO_2	85,3	87,9
Al_2O_3	2,12	1,09

Fe ₂ O ₃	5,28	1,15
CaO	0,54	0,82
MgO	1,13	1,58
Na ₂ O		1,09
C	1,96	0,90
S	0,23	
П.П.П.		2,39
Сумма	96,56	93,44

Недостатком такой практики размещения уловленной пыли газоочисток является высокая стоимость сооружения и эксплуатации шламонакопителя; постепенно шламонакопитель заполняется и возникает необходимость в строительстве нового. Кроме того, проблема грязных печных газов превращается в проблему грязного шлама. Содержание вредных веществ в водной вытяжке, т.е. предельно возможной концентрации в воде, приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация элементов в водной вытяжке

Элемент	Концентрация в водной вытяжке, мг/л	ПДК в воде хозяйственного назначения, мг/л
Мышьяк	2,13	0,05
Фосфор	3,29	0,5
Сурьма	0,13	0,1
Марганец	1,14	0,1
Кадмий	0,016	0,005
Литий	1,14	0,03
Бор	1,8	0,1

Шламонакопитель представляет собой сложное гидротехническое сооружение с глиняным дном и стенами, предотвращающие дренирование влаги. Кремнеземистый шлам накапливается в шламонакопителе. Шламонакопитель имеет две карты (бассейна) – «старую» и «новую». «Старая» карта шламонакопителя полностью заполнена и выведена из эксплуатации, «новая» карта эксплуатируется в настоящее время и заполняется кремнеземистым шламом.

Ранее на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» пыль от сухих газоочисток смешивали с водой до концентрации порядка 10 – 20 г/л, по трубам отправляли в шламонакопитель на отстаивание, назад забирали освет-

ленную воду.

История эксплуатации шламонакопителя прошла несколько этапов (*перекачка* → *рекультивация карьера глины* → *строительство установки уплотнения пыли* → *разработка природоохранной программы*), на каждом этапе продолжался поиск путей продления срока службы этого гидротехнического сооружения.

Перекачка

В августе 1997 года с целью продления срока эксплуатации действующего шламонакопителя было принято решение производить откачку шламовых вод из шламонакопителя в летнее время из новой секции в старую. Для этого у шведской фирмы ФЛЮК были закуплены погружные насосы, а специалистами предприятия разработана в содружестве с фирмой «Аква инжиниринг» технология перекачки шлама с применением уникальной конструкции катамарана, на который устанавливался насос и осуществлялась очистка шламонакопителя за счет перекачивания шламового осадка из действующей карты шламонакопителя в выведенную из эксплуатации карту.

Рекультивация карьера глины отходами ферросплавного производства

Одновременно с перекачкой шлама было решено вывозить шлам из «старой» секции шламонакопителя и с газоочисток для рекультивации отработанного карьера глины в Орджоникидзевском районе Северозападнее поселка Верхняя Колония. Был выполнен проект архитектурно-планировочной мастерской «Экоград». Благодаря рекультивации отработанного карьера глины 4,0780 га нарушенных городских земель вернулись в оборот. Рекультивация осуществлялась микрокремнеземом сухой газоочистки во влажном состоянии в виде водной суспензии. Влажность 40 %, объем накопления 28 – 30 тыс. т/год. Так же осуществлялся вывоз накопленного за летний период осадок в «старой» карте шламонакопителя в течение зимнего сезона в замороженном состоянии, также перевозиться в глиняный карьер. Благодаря влажному состоянию пыления при разгрузке не было.

Однако проблема утилизации отходов микрокремнезема рекультивацией решается на очень короткий период – 2 года и представляет собой вынужденную меру, которая считается целесообразной только с учетом рекультивации нарушенных земель и ликвидации несанкционированной свалки и скотомогильника.

Строительство установки уплотнения пыли

На газоочистных сооружениях открытых печей улавливается мелкодисперсная пыль, состоящая в основном из диоксида кремния аморфной модификации (85 – 90 % SiO₂). Сухая пыль, соответствующая ТУ 5743-048-02495332-96 «Микрокремнезем конденсированный» явля-

ется товарным продуктом для предприятий строительной индустрии и имеет название – микрокремнезем.

Химический состав микрокремнезема:

По результатам исследований российскими и зарубежными фирмами химический состав микрокремнезема следующий: 86 – 90 % SiO_2 ; 0,6 – 0,8 % Al_2O_3 ; 0,4 – 0,7 % Fe_2O_3 ; 0,4 – 0,9 % CaO ; 0,8 – 1,0 % MgO ; 0,6 – 0,8 % Na_2O ; 1,2 – 1,4 % K_2O ; 0,9 – 1,2 % C ; 0,2 – 0,3 % S .

Фракционный состав:

- в неуплотненном состоянии: < 2,0 мкм – 90,07 %; 2 – 2,36 мкм – 1,01 %; 2,36 – 3,4 мкм – 0,86 %; 3,4 – 5,4 мкм – 1,37 %; 5,4 – 8,3 мкм – 1,41 %; 8,3 – 15,3 мкм – 2,66 %; 15,3 – 20,0 мкм – 1,0 %; 20,0 – 46,3 мкм – 1,06 %;

- в уплотненном состоянии: < 0,5 мм – 90,3 %; 0,5 – 1,6 мм – 1,6 %; 1,6 – 5 мм – 8,1 %; >5 мм – 0 %.

Этот материал нашел широкое применение в стройиндустрии Европы и Америки и известен под названием «микросилика». Прежде всего, применение микрокремнезема в стройиндустрии связано с вовлечением его в бетоны. Так с середины 80-х годов в мировой строительной практике появились конструкции и сооружения, возведенные из бетонов нового поколения с высокими эксплуатационными свойствами. Эти бетоны отличаются высокой и сверхвысокой прочностью, низкой проницаемостью, повышенной коррозионной стойкостью и долговечностью, а сооружения, возведенные с их использованием, обладают яркими эстетическими достоинствами.

Однако для придания оптимальных технологических свойств микрокремнезем должен быть уплотнен до насыпного веса 0,3 – 0,6 т/м³. перерабатываемый установками уплотнения микрокремнезем приобретает такие свойства.

В связи с этим в 2000 году начаты работы по строительству на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» установки уплотнения микрокремнезема. Строительство было осуществлено с помощью фирмы «Filter-Media». Особенностью данной установки является применение пневмотранспорта пыли, собранной в бункерах камер фильтров сухих тканевых газоочисток, в накопительные силосы установки уплотнения. В качестве транспортного носителя пыли используется газ, забираемый из одного из напорных газоходов грязного газа газоочисток пыли с помощью высоконапорной центрифуги. Принцип действия установки уплотнения микрокремнезема заключается в эффекте скатывания исходных частиц микрокремнезема крупностью менее 1 мкм в вертикальном потоке воздуха, проходящем через слой микрокремнезема равномерным потоком, в сферические частицы с насыпной плотностью с 0,15 до 0,5 – 0,6 т/м³. Уплотнение пыли производится за счет применения специаль-

ной конструкции днища силосов – «жидкие днища». Осаждение основной массы транспортируемой пыли происходит в специальных фильтрах с импульсной регенерацией. Уплотненный микрокремнезем через центральную течку в днище уплотнителя из силоса через отсекающие устройства подается шнеками в узел для затаривания готового продукта в мягкие контейнера и отправляется потребителю.

Установка уплотнения пыли была введена в эксплуатацию весной 2002 года, при этом поступление отходов в шламонакопитель снизилось с 24663,1 т/год в 2002 г. до 3532,9 т/год в 2004 г., т.е. почти в семь раз.

Дальнейшие пути реализации природоохранной программы.

В настоящее время на предприятии шлам от газоочисток закрытых печей сбрасывается в шламонакопитель. Проектный срок эксплуатации шламонакопителя уже истек, и продолжать его эксплуатацию удастся только с помощью ряда временных мер. На сегодняшний день на предприятии разработана и действует природоохранная программа «Производство и экология», рассчитанная на 2004 – 2010 годы. В сентябре 2004 г. пущена в эксплуатацию газоочистная установка за печью № 4, а в августе этого года газоочистка за печью № 9.

Печи с мокрой газоочисткой непригодны для выплавки качественных экспортных марок ферросилиция и имеют короткий срок эксплуатации. Открытые печи являются более универсальным агрегатом для производства ферросилиция. Для этого необходимо провести реконструкцию устаревших закрытых печей в современные открытые печи и довести их число до 15-ти.

Закрытые печи оснащены мокрой газоочисткой с высокой степенью очистки, но в силу конструктивных недостатков печи не позволяющей очищать от пыли все технологические выбросы. Часть газов закрытых печей выбрасывается в атмосферу неочищенным. Для того чтобы закрытые печи перевести в открытый режим работы необходимо построить дополнительные газоочистные сооружения сухого типа. Принято направление строительства новых сухих газоочисток с импульсной регенерацией фильтрующих рукавов. Это позволит не только увеличить объемы производства ферросилиция на предприятии, но и значительно сократит выбросы пыли в окружающую среду.

Газоочистки с импульсной регенерацией рукавов – новая технология и новый шаг в газоочистной технике. По сравнению с существующими на заводе газоочистками напорного типа эти газоочистки более компактны, применение рукавов с внутренним каркасом позволяет использовать современные ткани, выдерживающие высокие газовые нагрузки, высокие температуры, имеющие более высокую очищающую способность. Это позволяет предотвратить порывы и пожары рукавов и значительно сократить выбросы неочищенного газа в атмосферу.

Выводы: После завершения программы реконструкции закрытых печей и перевода их работы в открытый режим надобность в шламонакопителе отпадет. Он будет выведен из эксплуатации и рекультивирован. Таким образом, складирование в шламонакопителе отходов производства (кремнесодержащих шламов) прекратится.

Библиографический список

1. Производство ферросилиция. Справочник / Под ред. д. т. н. Ю.П. Снитко. – Новокузнецк, 2000. – С. 374 – 375.
2. Бондарев А.А., Павлов С.Ф. / Сб. научн. тр./ Изучение физических свойств товарного микрокремнезема; под. ред. Е.В. Протопопова – Новокузнецк; СибГИУ, 2005.-С342-345.
3. Бондарев А.А., Павлов С.Ф., Гуменный В.Ф. / Сб. научн. тр./ Оценка количества микрокремнезема, образующегося при выплавке ферросилиция; под. ред. к.т.н., доц. О.И. Нохриной – Новокузнецк, СибГИУ, 2001. – С. 162 – 165.

УДК 666.37.4.2:658.567.1.001.16/18

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СУПЕРОГНЕСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ИЗ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ЛУХАНИН М.В., ПАВЛЕНКО С.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Как известно, на всей территории за Уралом до Дальнего Востока, у нас отсутствует производство огнеупоров и огнестойких бетонов для футеровки высокотемпературных агрегатов. Доставка огнеупорных изделий (кирпича, блоков, фасонины) с Урала, Венгрии и Китая на предприятия Сибири и в частности Кузбасса, где располагаются гиганты черной и цветной металлургии, значительно удорожает стоимость продукции (кокса, чугуна, стали, металлопроката, алюминия и др.). Применяемые на предприятиях огнестойкие бетонные массы содержат в своем составе канцерогенные вещества, пагубно влияющие на организм человека. Это каменноугольные, фенолформальдегидные или фурановые смолы, пек, кокс, фтористые, фосфорные и сернистые соединения.

В 1998 г. принята Международная декларация по экологически более чистому производству и устойчивому развитию [1]. Экспертами

ООН условно сгруппированы семь основных задач, стоящих в этой области: снижение материалоемкости продукции; снижение энергоемкости производства; вторичная утилизация; ограничение оборота токсичных веществ; рациональное использование природных ресурсов; увеличение срока службы продукции; расширение сервисных услуг. Выполнение этих задач нацеливает на внедрение в хозяйственную деятельность превентивных стратегий, направленных в первую очередь на ресурсосбережение.

В соответствии с современными представлениями и с учетом проблем ресурсосбережения и экологии, технология и соответственно технологическое оборудование и управляющие ЭВМ должны обеспечивать оптимизацию технологических параметров служебных свойств огнеупорных материалов в системе эксплуатационная надежность (безопасность) – стойкость – стоимость [2]. Оптимальные технологические параметры производства должны по аналогии выбираться в системе: сырье - технологическое оборудование – управляющие ЭВМ, экология. Именно экология, как наука о защите техносферы зачастую имеет решающее значение при организации производства огнеупоров новых поколений [3].

Цель настоящей работы заключается в разработке концепции создания новых огнеупорных композиционных бетонов с высокими показателями прочности и огнестойкости с использованием местных материалов и техногенных отходов, значительно увеличивающим срок службы футеровки, экологические показатели и снижающие их стоимость. Также ставится задача значительно сократить применение штучных изделий.

По сравнению с обжиговыми штучными изделиями огнеупорные бетоны и массы позволяют: сократить расход условного топлива в 1,5 – 2 раза, вследствие исключения передела обжига и улучшения теплоизоляционных свойств, повысить стойкость футеровок на 30 %, сократить в 3 раза трудозатраты на производстве работ при их возведении и ремонте, значительно сократить удельный расход огнеупоров на единицу выпускаемой продукции и свести к минимуму транспортные расходы.

И такая работа в течение 4^х лет по заданию Минобразования РФ нами была выполнена [4]. Издана монография (научное издание) [5]. В результате проведенных исследований проблемы в целом и конкретно на металлургических гигантах в г. Новокузнецке и Сибирском регионе установлено, что большинство тепловых агрегатов по-прежнему футеруются кирпичом и фасонными изделиями (менее 30 % составляют неформованные бетоны и массы), показатели по экологии (пылевынос, выделение вредных газов, содержание канцерогенных элементов) у нас в не-

сколько раз превышают от индустриально развитых стран, фактически экологически чистое производство (ЭЧП) отсутствует, компьютеризация находится на зачаточном уровне.

Исследования нашего творческого коллектива совместно с двумя институтами Сибирского отделения РАН (ОИГГиМ и ИХТТиМ) теоретически и на практике доказали возможность получения экологически чистых суперогнестойких композиционных бетонов и масс исключительно из отходов горнодобывающих, металлургических и других производств [6, 7].

Разработаны составы и технологии вяжущего (в качестве огнеупорной связки) и новых огнестойких мелкозернистых бетонов (на его основе) для футеровки тепловых агрегатов. Составляющие: техническое жидкое стекло (ТЖС) на основе ферросплавной пыли (отхода ферросплавного производства в г. Новокузнецке), хвосты производства кварцитов Антоновского месторождения (в качестве заполнителя) и самораспадающийся феррохромовый шлак (в качестве отвердителя) [8, 9]. Синтезированы огнестойкий материал муллит из огнеупорной глины вскрышных пород Изыхского угольного разреза (республика Хакасия) и отхода Юргинского абразивного завода (в виде шлама), так называемого продукта высокоглиноземистого (ПВГ) [10] и суперогнестойкий керамический материал (муллит-карбид кремния) [11].

С целью повышения показателей качества композиционных огнестойких масс и снижения их стоимости в работе использовалась механохимическая активация составляющих компонентов и их смесей в планетарных и виброцентробежных мельницах конструкции ИХТТиМ СО РАН нового поколения [10, 11].

Современное производство немислимо без компьютеризации всех производственных процессов. Воображаемая модель любого производства, включая разработку, изготовление и службу огнеупоров может быть описана принципом девяти «с»: компактное (Compact), экологическое чистое (Clean), непрерывное (Continuous), полное (Complete), экономичное (Cost efficient), ориентированное на качество (quality Conscious), со всеобъемлющим компьютерным управлением (Completely Computer Controlled). Исходя из этого принципа были разработаны прогностические модели создания новых композиционных огнестойких бетонов и масс из вторичных минеральных ресурсов [5] и программа зависимости их свойств от минерального состава исходных компонентов.

Полученные результаты работы и разработанные рекомендации предполагается использовать при разработке технологий и технологических регламентов в производстве новых композиционных огнестойких

бетонов из ВМР. При этом достигается значительное снижение нагрузки на уникальную природу Сибирского региона (сохранение ее для будущих поколений) и экологически вредного воздействия на организм человека и окружающей среды.

Библиографический список

1. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Доронина О.Д. Экологически чистое производство: содержание и основные требования // М.: Экология и промышленность России. 2000. Март. – С. 19 – 23.
2. Красс Я.Р. Технология производства износостойчивых магниевых огнеупоров с точки зрения современных направлений в развитии сталеплавильных и других процессов, экологии, ресурсосбережения и компьютеризации // Огнеупоры и техническая керамика. 2002, № 12. – С. 11-22.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: учебник для вузов // М.: ЮНИТИ, 1999. – 663 с.
4. Павленко С.И., Луханин М.В., Аввакумов Е.Г. Разработка концепции создания новых композиционных огнестойких бетонов и масс без канцерогенных составляющих из вторичных минеральных ресурсов // Белгород: Вестник БГТУ. 2003, №5. – С. 353-362.
5. Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г., Мышляев Л.П. Концепция создания новых композиционных бетонов и масс из вторичных минеральных ресурсов с использованием механохимии. Научное издание // М.: АСВ, 2004. – 196 с.
6. Pavlenko, S.I., Luchanin, M.V., Tuleyev, A.G., Dobretsov, N.L., Bortnikova, S.B., Sidenko, N.V. Ecological Glean Fireproof Fine-Grained Concrete from Secondary Mineral Resources, Proceedings of the 6th International Symposium on «UTILIZATION OF HIGH STRENGTH / HIGH PERFORMANCE CONCRETE», 16-20 June, 2002, Congress Center of the Leipziger Messe, Germany // Leipzig: Verein der Freunde des Bauingenieur und Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Leipzig, Vol. 2, 2002, pp. 1259-1264.
7. Тулеев А.Г., Кулагин Н.М., Павленко С.И. Перспективные технологии переработки и использования природных и вторичных минеральных ресурсов в Кузбассе. Пленарный доклад на Международной научно-практической конференции «Научоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» в рамках Международной Выставки-Ярмарки «Уголь России и Майнинг – 2002», 18-21 июля 2002, г. Новокузнецк // Новокузнецк: Издательство СибГИУ. – С. 3-7.
8. Павленко С.И., Луханин М.В. Экспериментальные исследования по созданию суперогнестойкого мелкозернистого бетона из вторичных

минеральных ресурсов // Новосибирск: «Известия ВУЗов. Строительство», 2003, № 3. – С. 39-45.

9. Луханин М.В. Разработка технологии монолитных огнеупорных футеровок для тепловых агрегатов. Сборник трудов научно-практического семинара «Проблемы и пути создания композиционных материалов и технологий комплексного извлечения металлов из вторичных минеральных ресурсов» // Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 2002. – С. 34 – 42.
10. Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез муллита из вторичных минеральных ресурсов // Огнеупоры и техническая керамика, 2003, № 6. – С. 39 – 41.
11. Луханин М.В., Аввакумов Е.Г., Павленко С.И. Роль механохимической активации в получении огнеупорной керамики на основе муллита и карбида из вторичных минеральных ресурсов // Огнеупоры и техническая керамика, 2004, № 1. – С. 32 – 34.

УДК [666.9-121+666.97:658.567.1].001.5

БЕСЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ БЕТОНЫ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ПАВЛЕНКО С.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

СибГИУ совместно с МГСУ и НИИЖБ Госстроя России разработаны составы и технологии ряда малоцементных и бесцементных мелкозернистых композиционных бетонов из вторичных минеральных ресурсов различного назначения, в том числе суперморозостойкие и огнестойкие, на которые получили патенты (занесенные в Международный каталог новаторских достижений в строительстве), Техническое свидетельство Госстроя России о пригодности продукции для применения в строительстве на территории Российской Федерации № ТС-07-0175-99 (Бесцементная золошлакобетонная мелкозернистая смесь готовая к употреблению), знак пригодности и сертификат Федерального научно-технического центра сертификации в строительстве Госстроя России, в качестве приложения к нему. Все эти достижения опубликованы во многих престижных издательствах в стране и за рубежом, доложены на конгрессах, конференциях, семинарах и симпозиумах различного уровня. Основные из них [1 – 8].

Нами совместно с ОАО «УралНИИСтромпроект» разработаны составы и технологии вяжущего (в качестве связки) и новых огнестойких

мелкозернистых бетонов для футеровки тепловых агрегатов из отходов промышленности, в том числе: ферросплавная пыль ОАО «Кузнецкие ферросплавы» (микрокремнезем), хвосты производства кварцитов Антоновского месторождения, самораспадающийся феррохромовый шлак Челябинского электрометаллургического завода (в качестве отвердителя жидкого стекла).

Техническое жидкое стекло (ТЖС) (огнеупорная связка)

Разработано методом прямого растворения микрокремнезема щелочью (NaOH или KOH). Отличается ТЖС от товарного жидкого стекла (силикат-глыбы) количеством нерастворимых и растворимых примесей (CaO, SO₃ и др.). При использовании ТЖС в качестве связки, вяжущие свойства его по сравнению с товарным жидким стеклом практически не изменяются. Компонентами созданного ТЖС явились: микрокремнезем КЗФ, натрий едкий технический и техническая вода. Поскольку микрокремнезем нами был детально исследован [3, 4] для разработки технологии производства бесцементного вяжущего и бетонов, здесь приводятся данные, необходимые для создания ТЖС. В таблице 1 приведен результат химического анализа, а в таблице 2 показатели ТЖС в сравнении с товарным жидким стеклом.

Таблица 1 – Химический анализ микрокремнезема КЗФ

Оксиды, %								
SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ + FeO	Na ₂ O+ K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	ППП
90,48	2,12	0,86	0,99	3,55	1,82	0,2	1,1	-

Наши исследования и эксперименты [9, 10, 11] показали, что имеющийся в ТЖС твердый (нерастворимый в щелочах) осадок повышает огнестойкость связки по сравнению с товарным жидким стеклом на 250 – 300 °С (1450 – 1500 °С вместо 1200 у жидкого стекла).

Нашим творческим коллективом был разработан технологический рабочий проект производства ТЖС. Его схема приведена на рисунке 1.

Таблица 2 – Показатели ТЖС в сравнении с товарным жидким стеклом

Наименование показателя	ТЖС	ГОСТ 13078-81 Стекло натриевое жидкое. ТУ	
		А	Б
Внешний вид	Густая жидкость серого цвета	Густая жидкость серого или желтого цвета без примесей и включений, видимых невооруженным глазом	
Массовая доля двуокиси	28,62	22,7-29,6	24,3-31,9

кремния, %			
Массовая доля оксида железа и оксида алюминия, %, не более, в том числе оксида железа	0,27 0,25	0,25 не регламентируется	
Массовая доля оксида кальция, %, не более	0,80	0,20	0,20
Массовая доля серного ангидрида, %	0,31	0,15	0,15
Массовая доля оксида натрия, %	11,03	9,3-12,8	8,7-12,2
Силикатный модуль	2,67	2,3-2,6	2,6-3,0
Плотность г/см ³	1,485	1,36-1,45	1,36-1,45
Примечание: Допускается выпадение осадка при хранении (ГОСТ 13078-81)			

На основе созданного вяжущего были разработаны новые составы и технологии огнестойких бетонов не уступающих по показателям (а по некоторым превышающих) на традиционном вяжущем – высокоглиноземистом цементе марок ВЦ-75 и ВЦ-65 огнеупорностью 1720 и 1670 °С [11], стоимость которого в 2,5 раза превышает созданное и расход его в 2 раза выше (400 кг/м³, вместо 180-200 кг/м³ ТЖС).

На ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» на основе этих разработок был выполнен проект и сооружен цех огнеупоров [12].

Совместно с МГСУ по заказу АО «Павлодарский тракторный завод» (Казахстан) нашим творческим коллективом были созданы вяжущее и бесцементный мелкозернистый бетон из шлаков литейного производства АО «ПТЗ» [13, 14], а также проведены испытания и разработаны проект и Технические условия, согласованные с заказчиком и утвержденные Госстроем республики Казахстан [15].



Рисунок 1 – Технологическая схема производства технического жидкого стекла

Начиная с 1999 года совместно с двумя институтами СО РАН (Объединенным институтом геологии, геофизики и минералогии (ОИГ-ГиМ) и Институтом химии твердого тела и механохимии (ИХТТиМ) в рамках Федеральной целевой программы (ФЦП) «ИНТЕГРАЦИЯ» творческим коллективом разработано новое бесцементное вяжущее, состоящее исключительно из отходов промышленности [16]. Его состав: зола-унос ТЭС высококальциевая – 60 – 80 %, отработанный формовочный песок литейного производства – 10 – 30 %, продукт высокоглиноземистый (ПВГ) отход абразивного производства – 5 – 10 %.

При приготовлении вяжущего смесь подвергается совместному помолу всех трех компонентов в планетарных мельницах-активаторах конструкции ИХТТиМ СО РАН, что обеспечивает надежность связывания свободного оксида кальция с микрокремнеземом (из отвального формовочного песка преимущественно рентгеноаморфного состояния). Совместный помол на планетарных мельницах оптимален до удельной поверхности смеси 600 – 750 м²/кг. Свыше 750 м²/кг смесь быстро схватывается, обладает высокой водопотребностью, снижается прочность вяжущего. Ниже 600 м²/кг снижается прочность и сохраняется высокое содержание СаО_{своб} в смеси.

Измельчение в планетарных мельницах осуществляется в поле трех инерционных сил: двух центробежных и силы Кориолиса, благодаря чему их энергонапряженность превосходит энергонапряженность гравитационных шаровых мельниц на 2 – 3 порядка. За счет этого в процессе

измельчения происходит механохимическая активация составляющих и взаимодействие аморфного кремнезема с $\text{CaO}_{\text{своб}}$ и частично с Al_2O_3 (ПВГ).

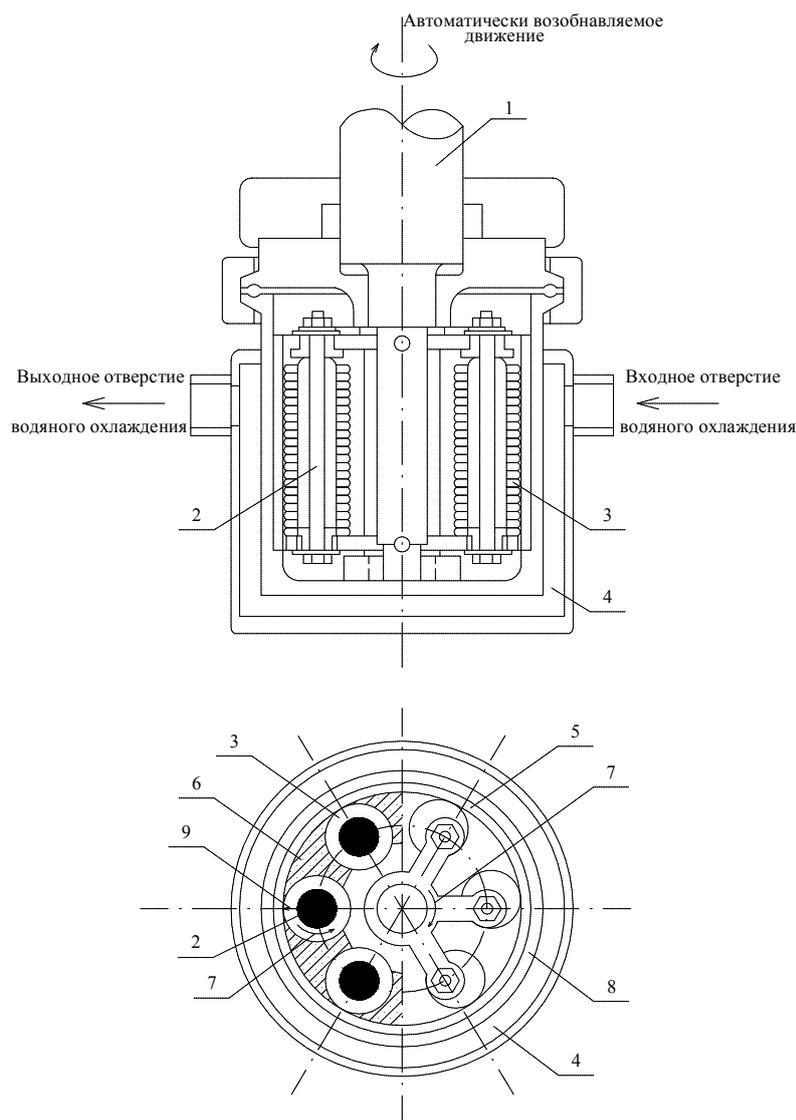
Разработанное бесцементное вяжущее соответствует марке от М400 до М600 и превосходит ранее нами разработанное (Патент № 065420) и другие аналоги в 1,5 – 2,0 раза. Копия патента прилагается.

ИХТТМ СО РАН создано несколько поколений планетарных мельниц. Последняя АГО-9, высокопроизводительная и непрерывного действия, которая может использоваться в промышленном производстве.

Ее схема приведена на рисунке 2 ниже.

Создание нового вяжущего опубликовано во многих изданиях [17 – 25] и получило широкое признание в регионе, стране и в международном масштабе. На конкурсной основе (в честь 60-летия области и ко дню науки), объявленной Администрацией Кемеровской области, Кузбасской торгово-промышленной палатой и Кемеровским областным советом ВОИР (Инновация и изобретение года – 2002) наш коллектив получил дипломы и призы I^{ой} степени (за работу в целом) и II^{ой} степени за последнее изобретение «Бесцементное вяжущее». А Роспатент и Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) пригласил нас принять участие в конкурсе «Изобретения, промышленные образцы, полезные модели» на VI Московском Международном Салоне промышленной собственности (АРХИМЕД), который проходил в Москве в КВЦ «Сокольники» с 17 по 21 марта 2003 г. На этом Салоне мы завоевали диплом и серебряную медаль.

Под новое бесцементное вяжущее разрабатывается проект цеха на ОАО «Юргинский машиностроительный завод» (ОАО «ЮРМАШ») по производству вяжущего, сухих товарных растворных и бетонных (мелкозернистых) смесей и теплоизоляционного бетона прочностью от 0,2 до 5 МПа и плотностью от 200 до 800 кг/м³. Здесь уникально сочетаются отходы ТЭС (в состав АО «ЮРМАШ» входит ТЭЦ), отработанные (отвальные) формовочные пески литейного производства, а также рядом (в одном городе) ПВГ Юргинского абразивного завода.



1 – главный вал; 2 – вал для колец; 3 – размольные кольца; 4 – жакет;
 5 – судно выравнивания; 6 – материал; 7 – направление вращения;
 8 – кожух; 9 – центробежная сила

Рисунок 2 – Схема мельницы-активатора АГО-9

Проведенные предварительные поисковые исследования показали нам обнадеживающие результаты о возможности получения теплоизоляционного бесцементного бетона. Данные приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Оптимальные составы смесей для теплоизоляционного бетона

Номер смеси	Ингредиенты, кг/м ³				
	новое бесцементное вя-	шлаковый песок	вода	лигносульфонат технический	пенообразователь «Прогресс» (вто-

	жущее	ТЭС		(ЛСТ), % от веса вяжущего	ричный алкилосульфонат натрия), % от веса вяжущего
1	140	-	75	0,3	2,0
2	350	120	184	0,3	1,0
3	400	168	212	0,3	0,6

Организация производства новых композиционных материалов из вторичных минеральных ресурсов при нашей рыночной экономике возможна весьма рентабельно только в условиях предприятия, выпускающего эти отходы (так, себестоимость электроэнергии на заводе в 2 – 3 раза ниже тарифов РАО «ЕЭС РОССИИ»), создавая на нем безотходные комплексные технологии.

Таблица 4 – Свойства теплоизоляционного бесцементного бетона

Но- мер смеси	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа		Коэффициент теплопро- водности, Вт/м·°С
			в 28 суток- ном возрасте	в возрас- те 90 дней	
1	268	215	0,18	0,25	0,06
2	290	654	2,2	2,5	0,10
3	804	780	3,8	4,9	0,12

Библиографический список

1. Бетоны на основе золы и шлака ТЭС и комплексное их использование в строительстве. Сборник докладов Всесоюзной научно-технической конференции (организованной Гособразованиём СССР, Минэнерго СССР, Госстроем СССР и Сибирским металлургическим институтом, 18-21 сентября 1990 г., г. Новокузнецк) под общей редакцией С.И. Павленко, в 2^х томах // Издательство Госстроя СССР, напечатано в Новокузнецком полиграфкомбинате, 1990, 450 с.
2. Павленко С.И. Бетоны из твердых отходов промпредприятий и комплексное их использование в строительстве. Монография // Новокузнецк: Издательство СибГГМА, лицензия ПР № 020353, 1996, 152 с.
3. Павленко С.И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности. Учебное пособие // Москва: Издательство АСВ, 1997, 176 с.
4. Павленко С.И., Малышкин В.И., Баженов Ю.М. Бесцементный мелкозернистый композиционный бетон из вторичных минеральных ресурсов. Научное издание // Новосибирск: Издательство СО РАН, отв. редактор чл.-корр. РАН Н.З. Ляхов, 2000, 142 с.

5. Павленко С.И., Кулагин Н.М., Ткаченко В.В., Тулеев А.Г., Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В., Крылов Б.А., Малинина Л.А., Малышкин В.И., Добрецов Н.Л., Ляхов Н.З., Аввакумов Е.Г. Малоцементные и бесцементные мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции-выставки «Строительство в XXI веке. Проблемы и перспективы», посвященной 80-летию МГСУ-МИСИ, 5 – 7 декабря 2001 г., МГСУ, г. Москва // Москва: Издательство МГСУ-СибГИУ, опубликовано Издательским центром СибГИУ, 2001, 33 с.
6. Bazhenov, Yu.M. and Pavlenko, S.I., Physico-Mechanical and Deformation Properties of Cementless Ash Slag Concrete of 5-Year Period. Proceedings of 10th International Congress on «the Chemistry of Cement». Jubilee, 1997, June 2-6, Göteborg, Sweden, Vol. 4, pp. IV.058-064.
7. Pavlenko, S.I., Shishkanov, A.P., Bazhenov, Yu.M. Technological Complex for Utilization of High-Colcium Ash and Slag for Abakan Thermal Power Plant. Proceedings of Sixth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, May 31 – June 5, 1998, Bangkok, Thailand // Published by ACI, Detroit, 1998, SP 178-5.
8. Павленко С.И., Ткаченко В.В., Баженов Ю.М., Малышкин В.И. Исследование и прогнозирование прочностных свойств бесцементного мелкозернистого композиционного бетона из вторичных минеральных ресурсов. Материалы седьмых академических чтений РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения», часть 1 // Белгород: Издательство БелГТАСМ, 2001, с. 415-423.
9. Павленко С.И. Огнеупорный бетон из местных материалов и отходов промышленности. Материалы международной научно-технической конференции третьих академических чтений «Ресурсосбережение и энергосберегающие технологии в производстве строительных материалов», часть 2 // Издательство Минобразования РФ, РААСН и НГАСА. Новосибирск, 1997, с. 43 – 49.
10. Pavlenko, S.I., Permyakov, A.A., Pronakin, A.Yu. Fire Proof Concrete for Liming of Soaking Pits. Proceedings of the Sixth CANMET / ACI / JCI International Conference on Recent Advances in concrete Technology. Tokushima, Japan, June 7-11, 1998 // Printed in ACI, USA, 1998, pp. 656-665.
11. Луханин М.В., Павленко С.И. Исследование структуры и свойств вторичных минеральных ресурсов с целью создания огнестойкого мелкозернистого бетона и разработка технологической схемы производства. Материалы научно-практического семинара (в рамках ФЦП «ИНТЕГРАЦИЯ») «Проблемы и пути создания композиционных ма-

- териалов и технологии комплексного извлечения металлов из вторичных минеральных ресурсов», 30 января – 2 февраля 2001 г., г. Новокузнецк. Под общей ред. д.т.н., проф. С.И. Павленко // Новокузнецк. Издательство СибГИУ, ISBN 5-7806-0083-X, 2001, с. 58 – 69.
12. Павленко С.И. и др. Перспективы производства огнеупорных бетонов на вторичном минеральном сырье Кузбасса. Материалы научно-технического совещания 27.05.1998 г. «Черная металлургия Кузбасса: пути и преодоления кризиса» // Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 1999, с. 43 – 46.
 13. Pavlenko, S.I., Shmelkov, M.A. Fine-grained cementless concrete containing slag from foundry // Proceedings of Fourth NCB International seminar on «Cement and Building Materials». New Delhi, 11 – 14 December, 1994 // National Council for Cement and Building Materials. New Delhi, INDIA, 1994, pp. 116 – 122.
 14. Pavlenko, S.I., Bogusevich, V.S., Durability studies of Concrete containing low cement content and particles slag // CANMET / ACI Third International Conference «Durability of Concrete». Nice, France, 1994. Edited V.M. Malhotra // Printed in the USA. ACI. Detroit. Michigan, 1994, pp. 1069 – 1086.
 15. Павленко С.И., Ткаченко В.В., Баженов Ю.М. Бесцементный мелкозернистый бетон из шлаков литейного производства АО «Павлодарский тракторный завод». Материалы научно-практического семинара 1 – 4 февраля 2000 г. в рамках ФЦП «ИНТЕГРАЦИЯ» и Международной выставки-ярмарки «Архитектура – Строительство – 2000» «Проблемы и пути создания композиционных материалов и технологии комплексного извлечения металлов из вторичных минеральных ресурсов» // Новокузнецк: Издательство СибГИУ, с. 12 – 17.
 16. Патент № 2196749. Бесцементное вяжущее. Авторы: Павленко С.И., Малышкин В.И., Меркулова С.И., Аксенов А.В., Захарова Н.В., Еремкин К.В. // М.: Бюллетень № 2, 2003.
 17. Аввакумов Е.Г., Павленко С.И., Косова Н.В., Ляхов Н.З., Меркулова С.И., Кувшинов П.Г., Аксенов А.В., Еремкин К.В., Малышкин В.И. Композиционное вяжущее из механически активированных промышленных отходов. Журнал «Химия в интересах устойчивого развития» // Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000, Т-8, № 5, с. 657 – 660.
 18. Pavlenko, S.I., Aksenov, A.V., Kozhemjako, S.I., Bazhenov, Yu.M., Dobretsov, N.L., Lyakhov, N.Z., Avvakumov, E.G. Mechanochemistry Synthesis of New Composite Binder from Secondary Mineral Resources. Материалы 1ой Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». 9 – 14 сентября, 2001, «Космос», Москва // М.: Издательство Ассоциации «Железобетон», кн. 3 «Секционные доклады», англ., pp. 1247 – 1258.

19. Павленко С.И., Ткаченко В.В., Баженов Ю.М., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез композиционных вяжущих из отходов промышленности. Материалы седьмых академических чтений РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения», часть 1 // Белгород: Издательство БелГТАСМ, 2001, с. 424 – 429.
20. Павленко С.И., Меркулова С.И., Еремкин К.В., Аксенов А.В., Кувшинов П.Г., Добрецов Н.Л., Ляхов Н.З., Аввакумов Е.Г., Косова Н.В., Баженов Ю.М., Кожемяко С.И. Новое композиционное вяжущее из механически активированных вторичных минеральных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции-выставки «Строительство в XXI веке. Проблемы и перспективы», посвященной 80-летию МГСУ-МИСИ, 5 – 7 декабря 2001 г., г. Москва// Новокузнецк: Издательство СибГИУ по решению оргкомитета конференции-выставки, 2001, 12 с.
21. Bazhenov, Yu.M., Magdejev, U.Kh., Pavlenko, S.I., Kulagin, N.M., Tkachenko, V.V., Aksenov, A.V., Dobretsov, N.L., Lyakhov, N.Z., Avvakumov, E.G. Composite Cementless Binder from Mechanical Active Industrial Wastes. Proceedings of the 5th International Symposium on the Cement and Concrete, Shanghai, China, Oct. 28 – Nov. 1, 2002 // Edition by the Chinese Society for Metals, Beijing, CHINA, 2002, pp. 832 – 840.
22. Pavlenko, S.I., Aksenov, A.V., Kuvchinov, P.G., Eremkin, K.V., Kozhemjako, S.I., Dobretsov, N.L., Lyakhov, N.Z., Avvakumov, E.G. New Cementless Composite Binder from Mechanical Activated Industrial Wastes. Proceedings of the 6th International Symposium on Utilization of "High Strength// High Performance Concrete", June 2002, Leipzig, Edited by: G. König, F. Dehn, T. Faust // Leipzig: Verein der Freunde des Bauingenieur und Wirtschaftsingenieurwesens an der Universität Leipzig, Vol. 2, 2002, pp. 1265-1272.
23. Тулеев А.Г., Кулагин Н.М., Павленко С.И., Аксенов А.В., Баженов Ю.М., Добрецов Н.Л., Ляхов Н.З., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез нового композиционного вяжущего из вторичных минеральных ресурсов. Журнал «Известия ВУЗов. Химия и химическая технология» // Иваново: Издательство ИГХТУ Минобразования РФ, 2002, № 6, с. 126 – 129.
24. Аксенов А.В., Павленко С.И., Аввакумов Н.Г. Механохимический синтез нового композиционного вяжущего из вторичных минеральных ресурсов. Монография // Новосибирск: Издательство СО РАН, отв. редактор чл.-корр. РАН Н.З. Ляхов, 2002. Отпечатано в СибГИУ, Новокузнецк, 50 с.
25. Павленко С.И., Аксенов А.В. Новое композиционное вяжущее и мелкозернистый бетон на его основе из вторичных минеральных ресурсов. Научное издание // Москва: Издательство АСВ, 2005, 240 с.

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОГНЕСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ ИЗ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ЛУХАНИН М.В., ПАВЛЕНКО С.И., АВВАКУМОВ Е.Г.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Институт химии твердого тела СО РАН

г. Новосибирск

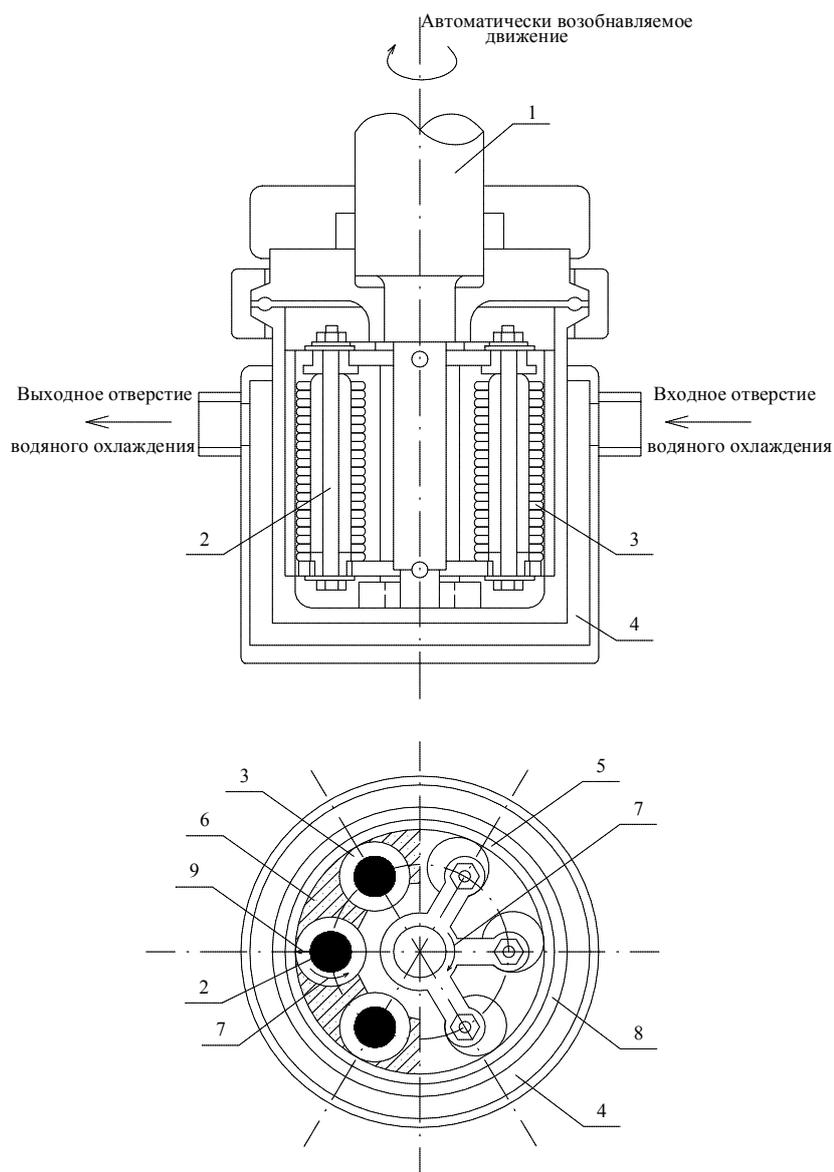
Огнестойкие материалы на основе муллита широко используются в качестве теплоизоляционного материала в самых разных отраслях промышленности (электротехнической, стройматериалов, огнеупорах, металлургии и т.д.). Муллит имеет высокие теплотехнические и прочностные характеристики и может быть получен не только из природного, но и техногенного сырья. Целью настоящей работы по заданию Минобробразования РФ по теме «Разработка теоретических основ механохимического синтеза новых жаростойких композиционных строительных материалов из вторичных минеральных ресурсов» (ВМР) было изучение возможностей получения муллитовой керамики из ВМР с помощью механохимической активации смесей и последующего отжига, отработка режимов активации в планетарных аппаратах нового проточного типа.

Исходными материалами для изготовления муллитовой керамики служили: огнеупорная глина вскрышных пород Изыхского угольного разреза, продукт высокоглиноземистый (ПВГ) (отход Юргинского абразивного завода), карбид кремния (отход Волжского завода). По данным рентгенофазового анализа основным компонентом огнеупорной глины является каолин, ПВГ-глинозем, а карбид кремния, в пределах точности метода не содержит примесных фаз.

Механохимическую активацию смесей огнеупорной глины и глинозема, взятых в стехеометрическом соотношении, соответствующем составу муллита, проводили в планетарных мельницах периодического действия и проточного типа, разработанных в ИХТТИМ СО РАН.

Кратковременная активация (5 мин.) в планетарных мельницах периодического действия (АГО-2, АГО-3), имеющих один и тот же принцип действия, но различающихся производительностью, существенно ускоряет синтез муллита по сравнению с неактивированной смесью. На спектрах для активированной смеси присутствуют почти все линии исходных компонентов. Рентгенофазовый анализ активированной смеси показывает только некоторые линии и с более низкой интенсивностью. Отмечено, что достаточно хорошо активируется смесь и в аппарате проточного типа. Схема мельницы непрерывного проточного действия по-

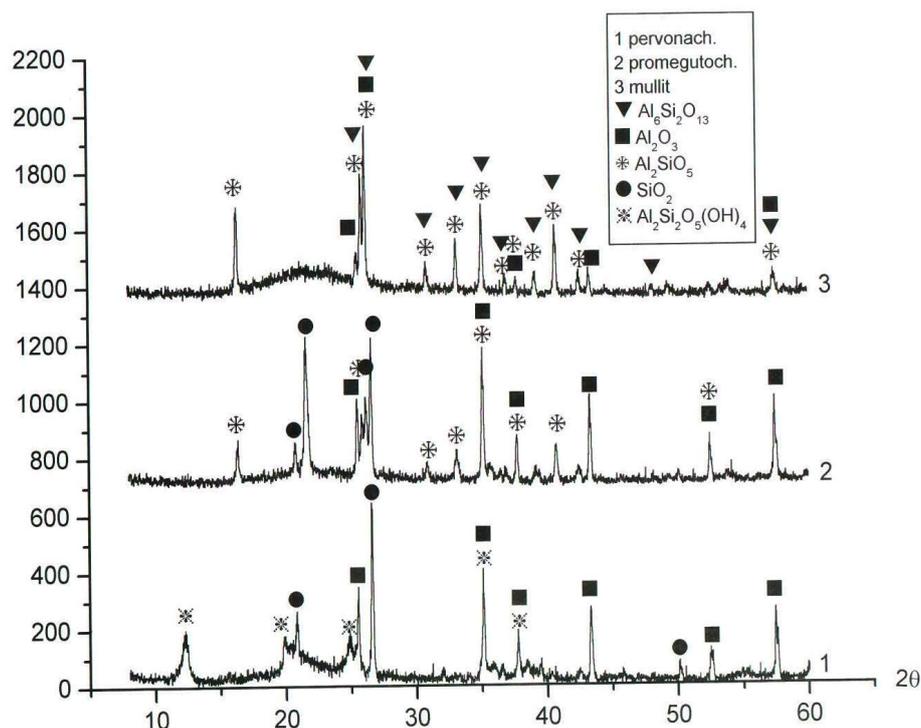
лупромышленного типа MICROS представлена на рисунке 1.



1 – главный вал; 2 – вал для колец; 3 – размольные кольца; 4 – жакет;
 5 – судно выравнивания; 6 – материал; 7 – направление вращения;
 8 – кожух; 9 – центробежная сила

Рисунок 1 – Схема мельницы-активатора проточного действия

Поскольку указанный аппарат рассматривается как аппарат, пригодный для промышленной реализации предлагаемого способа получения муллита, то нами для смеси, активированной именно в этом аппарате, проведены температурные исследования. Из полученных данных следует, что синтез муллита начинается при $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и завершается при температуре $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2).



1 – смесь исходной консистенции; 2 – отожженная при температуре 1200 °С (2 часа); 3 – при температуре 1400 °С (2 часа)

Рисунок 2 – Дифрактограммы активированных смесей в проточной мельнице

На базе синтезированного муллита был получен композиционный огнеупорный материал муллит-карбид кремния. В смесь перед активацией, состоящую из огнеупорной глины и ПВГ, добавляли отход производства карбида кремния (SiC) Волжского завода (от 25 до 50 %).

Образцы после активации в проточной мельнице прессовали в пластинки (таблетки) размером 4,1×1,5×0,5 см, отжигали при различных температурах и анализировали на рентгеновском дифракторе ДРОН-3М (рисунок 3).

Затем по стандартным методикам определяли прочность на изгиб и на сжатие. Результаты измерений прочностных характеристик приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Прочность муллитовой и муллит-карбидной керамики на изгиб и на сжатие, МПа

Керамика	Прочность на изгиб	Прочность на сжатие
Муллит	18,4	99
Муллит +25% отходов SiC	43,0	311
Муллит +50% отходов SiC	26,0	184

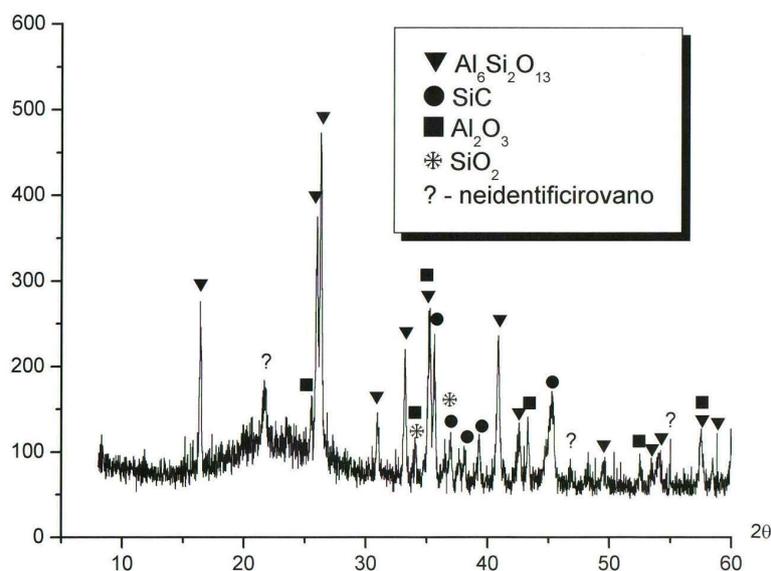


Рисунок 3 – Дифрактограмма синтезированного муллита-карбида кремния (муллит +25 % SiC, $t = 1400$ °C)

Как видно из таблицы 1, образцы керамики обладают достаточно высокими прочностными характеристиками, что позволяет рекомендовать данный способ получения огнеупорной керамики для промышленной реализации.

Библиографический список

1. Техническая керамика, 1972, М. Стройиздат.
2. Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез муллита из вторичных минеральных ресурсов // Огнеупоры и техническая керамика. 2003. № 6.
3. Avvakumov E.G., Senna M., Kosova N.W. Soft Mechanochemical Synthesis a Basis for New Chemical Technologies // Kluwer Academic Publishers, Hardbound, ISBN 0-7923-7431-2/ The Netherlands, 2001, 216 pp.

УДК 628.511.122(669.168.3+669.782)

ПРАКТИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Полях О.А., Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

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 %. Во многих странах микрокремнезем является товарным продуктом. На территории России единственным производителем сертифицированного микрокремнезема, предназначенного для использования в качестве минеральной составляющей при изготовлении огнеупорных и теплоизоляционных материалов, в качестве высокоактивной добавки к цементу является ОАО «Кузнецкие ферросплавы».

Обзор литературных данных выявил следующие аспекты проблемы использования микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросилиция:

- наличие положительных свойств: значительное содержание кремнезема, высокая дисперсность, низкая стоимость, доступность и пр.;
- наличие негативных свойств: содержание примесей, а также низкая насыпная плотность и другие свойства, затрудняющие его транспортировку, выгрузку, хранение и т.д.

Наиболее полно исследованы физико-технологические характеристики микрокремнезема: насыпная плотность, аэрируемость, адгезионные и аутогезионные свойства – с целью изучения возможности его транспортирования; гидравлическая активность, водопотребность и пр. – для увеличения эффективности его использования в строительной индустрии, самой традиционной области. Физико-химическая оценка микрокремнезема также 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 большой интерес как возможный сырьевой материал технологических процессов. Проблема влияния на свойства микрокремнезема, а тем более их регулирования без ухудшения качества основной продукции, особенностей технологического процесса и используемых материалов, лишь выносится как тема для обсуждения, но не изучена в достаточном объеме.

Аттестационные характеристики микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и высококремнистых сплавов, свидетельствуют о целесообразности организации на его основе электротермических процессов, 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 и пр.;
- вторичное использование в производственных циклах;
- получение карбида кремния.

В обзоре [1] приводится ссылка на использование микрокремнезема, образующегося при производстве ферросплавов, для получения метилхлорсиланов и тетрахлорида кремния, который служит сырьем для синтеза кремнийорганических соединений, производства полупроводникового кремния, диоксида кремния особой чистоты. Обычно образование тетрахлорида кремния протекает при высоких температурах, использование для этих целей аморфных модификаций кремнезема позволяет снизить температуру начала хлорирования на 300 - 500 °С.

К настоящему времени технология электроплавки кремния располагает опытом использования микрокремнезема в качестве возврата [2 – 9]. Авторами [3] указывается на технологическую эффективность применения микрокремнезема, выражающейся в повышении реакционной способности рудного компонента шихты и увеличения производительности электроплавки. Однако в работе [10] отмечается, что возвращение микрокремнезема в печь наносит технологическому процессу больший ущерб, чем его вынос с технологическими газами. Вероятно, это объясняется активной газификацией тонкодисперсного кремнезема в низко- и среднетемпературных зонах реакционного пространства печи и, как следствие, недостатком элементарного кремния в высокотемпературной зоне, что и приводит к повышению расхода электроэнергии и восстановителя. Во избежание указанных негативных моментов, требуется разработка способов окускования микрокремнезема и ведение восстановительной электроплавки, обеспечивающей возможность проникновения окускованного материала в высокотемпературную зону печи [4, 5]. При выплавке ферросилиция так же, как и при производстве кремния, существует позитивная практика вторичного использования микрокремнезема [6, 7]. Таким образом, использование предварительно окускованного микрокремнезема при выплавке кремния и ферросилиция, позволяет достичь достаточно высокого извлечения кремния из кремнезема, снизить расход шихтовых материалов и электроэнергии, что, на фоне острого дефицита сырьевых материалов и экологических проблем, можно рассматривать как важный показатель эффективности производства.

Одним из возможных технологических процессов на основе высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов является производство карбида кремния. В качестве кремнеземсодержащего сырья при получении карбида и нитрида кремния для керамики рассматривалась возмож-

ность использования таких аморфных разновидностей как рисовая шелуха (концентрация диоксида кремния в золе после сжигания более 90 % [11]) и вулканический пепел. Огнеупорные материалы, содержащие 50 – 93 % карбида кремния, были получены из полидисперсных порошков высокозольных (до 50 % A^d) экибастузских углей крупностью менее 63 мкм, содержащих до 65 % диоксида кремния, в электропечах и с использованием дуговой плазмы [12, 13]. В [14] исследовались закономерности и технологические особенности получения металлургического карбида кремния из углеродвысокозольных пород непрерывным процессом в агрегате типа «вертикальная шахта» в интервале рабочих температур 1873 – 2323 К. В качестве сырьевых материалов использовались: углистый алевролит (71,93 – 79,86 % масс. SiO_2), углистый аргелит (61,82 – 80,62 % масс. SiO_2), высокозольный уголь (61,10 – 70,94 % масс. SiO_2), экибастузские сланцы (50,74 % масс. SiO_2), карельский шунгит (87,48 % масс. SiO_2), – с насыпным весом 0,79 – 1,75 г/см³. Наибольшее содержание карбида кремния в продукте (порядка 89 % масс.) достигалось при использовании карельского шунгита с крупностью зерна 0,145 мм и 5 – 10 мм. Данные по дисперсному составу полученного карбида кремния в работе не приводятся. В [15] описан способ получения из шунгита нитевидных кристаллов карбида кремния длиной до 1,5 мкм.

В [16] разработана технология так называемого низкотемпературного синтеза карбида кремния из микрокремнезема, образующегося при производстве ферросплавов, рекомендуемого для применения в металлургии и электротехнике. Гранулированную шихту из дисперсного бурого угольного 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 %, однако аттестационные характеристики получаемого карбида не приведены, что не позволяет судить об эффективности процесса. 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 [17]. Степень восстановления, близкая к 100 %, достигалась при температуре 1600 – 1650 °С, брикеты спекались и рассыпались в тонкий порошок. В [18] карбид кремния получали 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 °С), при 1670 °С степень восстановления достигала 100 %, при 1600 °С – 70 %.

Таким образом, к настоящему времени предложен ряд технологи-

ческих решений по использованию в качестве сырья для получения карбида кремния высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов техногенного и природного происхождения, доступных, недорогих и имеющих большие объемы накоплений, что можно рассматривать как новое направление в технологии этого продукта, позволяющее достичь нужных характеристик карбида кремния и отвечающее требованиям ресурсосбережения. Несмотря на принципиальную возможность получения карбида кремния и ряд положительных эффектов, достигаемых при использовании высокодисперсных кремнеземсодержащих материалов (снижение температуры синтеза, высокая дисперсность, высокое содержание SiC) [0], разработки подобных технологических процессов немногочисленны и тем более не освоены даже как малотоннажные производства.

Выводы. Проведен анализ современной практики использования в восстановительных процессах микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросплавов. На основе обзора литературных данных показана возможность применения микрокремнезема для синтеза кремнийорганических соединений, высокодисперсного карбида кремния и в качестве возврата в производственных циклах, обусловленная такими его характеристиками, как высокое содержание диоксида кремния, большая удельная поверхность, доступность.

Библиографический список

1. Виноградов С.В. Перспективы использования пыли газоочистных производств ферросилиция / С.В. Виноградов [и др.] // Сталь. – 1989. - № 4 – С. 41 – 44.
2. Зельберг Б.И. Шихта для электротермического производства кремния/ Б.И. Зельберг, А.Е. Черных, К.С. Ёлкин – Челябинск: Металл, 1994. – 320 с.
3. Евсеев Н.В. Влияние добавок пылевого отхода на физико-химические превращения в шихте при выплавке технического кремния / Н.В. Евсеев, Н.В. Головных, Н.Ф. Радченко // Цветные металлы. – 1991. – № 10. – С. 29 – 31.
4. Щадис В.С. Разработка и применение высокопористых композиционных видов сырья для выплавки кремния: автореф. дисс. канд. тех. наук / В.С. Щадис: Иркутский гос. техн. ун-т.– Иркутск, 1997. – 19 с.: граф. - Библиогр. С. 18 – 19 (14 назв.).
5. Черных А.Е. Тонкодисперсные техногенные материалы как сырье для выплавки кремния/ А.Е. Черных [и др.] // Тез. докл. междун. науч.-тех. конф. «Пути повышения качества продукции кремниевого производства». – Иркутск, 1994. – С. 9 – 11.

6. Павлов С.Ф. Использование сухой пыли газоочисток для плавки ферросилиция / С.Ф. Павлов [и др.] // Материалы завод. науч.-тех. конф. «Совершенствование производства ферросилиция» – Новокузнецк, 1997. – Вып.3 – С. 388 – 394.
7. Толочко А.И. Утилизация пыли и шламов в черной металлургии / А.И. Толочко [и др.] – Челябинск: Металлургия, 1990. – 152 с.
8. Федоренко Н.В. Рациональное использование порошкообразных и дисперсных отходов ферросплавного производства / Н.В. Федоренко, А.С. Дубровин, В.И. Хяккинен // Межд. Научно-техн. Конф. «Уральская металлургия на рубеже тысячелетий». Тез. докл. – Челябинск, 1999. – С. 88.
9. Волынкина Е.П. Брикетирование пыли и отсевов как способ получения кондиционного сырья и продукции в производстве ферросилиция/ Волынкина Е.П., Кудашкина С.А., Машинский В.М. // Материалы завод. науч.-тех. конф. «Совершенствование производства ферросилиция» - Новокузнецк, 1997. – Вып.3. – С. 367 – 370.
10. Толстогузов Н.В. Схема карботермического восстановления кремния/ Н.В. Толстогузов // Изв. вузов. Цветная металлургия – 1992. — № 5 – 6. – С. 71 – 81.
11. Кожевников Г.И. Получение кремния повышенной чистоты из рисовой шелухи/ Г.И. Кожевников, А.Г. Водопьянов, Ю.И. Сухарников // Тез. докл. Всесоюз. науч.-тех. конф. «Научно-технический прогресс и повышение качества при производстве кремния». – Иркутск, 1991. – С. 7 – 8.
12. Косолапова Т.Я. Неметаллические тугоплавкие соединения / Т.Я. Косолапова [и др.]. – М.: Металлургия, 1985. – 224 с.
13. Круковский В.К. Исследование процесса нагрева полидисперсного угля высокотемпературным газовым теплоносителем / В.К. Круковский, В.В. Лебедев, Е.А. Колобова // Химия твердого топлива. – 1976. – № 6. – С. 26 – 29.
14. Павлов С.Ф. Металлургический карбид кремния. Получение и применение: автореф. дисс. канд. тех. наук / С.Ф. Павлов: СибМИ. – Новокузнецк, 1987. – 20 с.: граф. – Библиогр. С. 19 – 20 (7 назв.).
15. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы/ С.А. Крапивина – Л.: Химия, 1981. – 248 с.
16. А.С. 1730035 (СССР) МКИ С01В31/36. Способ получения карбида кремния / В.М. Динельт, В.И. Ливенец – 4768209/26; заявл. 12.12.89; опубл. в Б.И. 1992. № 16.
17. Якушевич Н.Ф. Технология углетермического синтеза микропорошков карбида кремния / Н.Ф. Якушевич [и др.] // Тез. докл. науч.-тех. конф. «Новые материалы и технологии» / МГАТУ. – М., 1994. – С. 32.

18. Якушевич Н.Ф. Кинетика углетермического восстановления кремнеземсодержащих пылевых отходов/ Н.Ф. Якушевич, О.А. Коврова, Г.В. Галевский // Тез. докл. межд. науч.-тех. конф. «Пути повышения качества продукции кремниевого производства». – Иркутск, 1994. – С.48 – 49.
19. Полях О.А. Оценка возможности и целесообразности использования мелкодисперсных кремнеземсодержащих материалов в восстановительных процессах / О.А. Полях [и др.] // Сб. науч. тр. «Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии» / СибГИУ. – Новокузнецк:, 1999. – Вып. 8. – С. 29 – 40.

УДК 628.511.122:53:54:669.168.3.002+669.782

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ АТТЕСТАЦИЯ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

Полях О.А., Галевский Г.В., Якушевич Н.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Процессы образования микрокремнезема в настоящее время мало изучены. Согласно принятым представлениям, источником микрокремнезема является часть монооксида кремния, не прореагировавшего с углеродом или не сконденсировавшегося на более холодной шихте, которая выносится газами в низкотемпературные области. Более глубокое исследование механизма образования микрокремнезема на основе диаграммы фазовых равновесий Si – O – C проведено лишь в работе [1], согласно которой, процессы распада газовой фазы, выносимой из зоны высоких температур, начинаются в среднетемпературной зоне печи и определяются условиями равновесия фаз метастабильной части диаграммы и условиями охлаждения газа. Однако термодинамические и кинетические данные по восстановлению диоксида кремния углеродом [2], разработанные подробные схемы физико-химических взаимодействий в рудно-термических печах при выплавке кремния и ферросилиция [3, 4] позволяют предложить более полную и достоверную балансовую схему образования монооксида кремния (рисунок 1) и охарактеризовать механизм образования микрокремнезема как сложный многоканальный процесс.

Физико-химические взаимодействия, обуславливающие образование микрокремнезема при производстве ферросилиция, можно разделить на три группы:

- образование микрокремнезема в самой печи в зоне температур 1400 - 1800 К (А, Б), связанное со взаимодействиями в газовой фазе мо-

нооксидов кремния и углерода. В печи может происходить диспропорционирование монооксида кремния, протекающее в низкотемпературных зонах при резком понижении температуры газовой фазы и концентрации SiO. При очень высоких скоростях охлаждения газовой фазы (закалке) возможна также непосредственная конденсация монооксида кремния. Значительная часть микрокремнезема, образовавшегося на этом этапе, возвращается в процесс;

- образование микрокремнезема в результате реакций окисления на колошнике, протекающих, в основном, в открытых печах (В). Концентрация карбида кремния, кремния и углерода, вследствие развития указанных взаимодействий, а также вторичных реакций, в пылевых выбросах невелика, и микрокремнезем состоит, преимущественно, из диоксида кремния;

- образование микрокремнезема вследствие механического уноса мелких фракций шихты (Г).

Комплексная физико-химическая аттестация микрокремнезема, получаемого при выплавке кристаллического кремния Кр1 на ОАО «Братский завод ферросплавов» (МК-Кр), и микрокремнезема, получаемого при производстве высококремнистых ферросплавов ФС75 на ОАО «Кузнецкие ферросплавы» (МК-ФС), включала определение фазового и химического составов, удельной поверхности и морфологии частиц.

Фазовый состав микрокремнезема исследовался методами рентгенофазового, термогравиметрического и ИК-спектроскопического анализов. Были сняты рентгенограммы и термограммы исходного микрокремнезема, образцов после предварительного нагрева до 500 °С и до 1000 °С. Рентгеноаморфное состояние микрокремнезема вызывает трудности при идентификации фаз. В связи с этим, для определения кристаллических составляющих в скрытокристаллической массе микрокремнезема проведено седиментационное отделение тяжелой фракции и отмагничивание магнитной фракции.

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. Микрокремнезем обоих видов представлен следующими фазами: β-кristобалит, α-кварц, карбид кремния, гематит, силикаты. В микрокремнеземе, образующемся при производстве ферросилиция, присутствует магнетит, в микрокремнеземе, образующемся при производстве кремния, – шпинель FeO · Al₂O₃.

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.

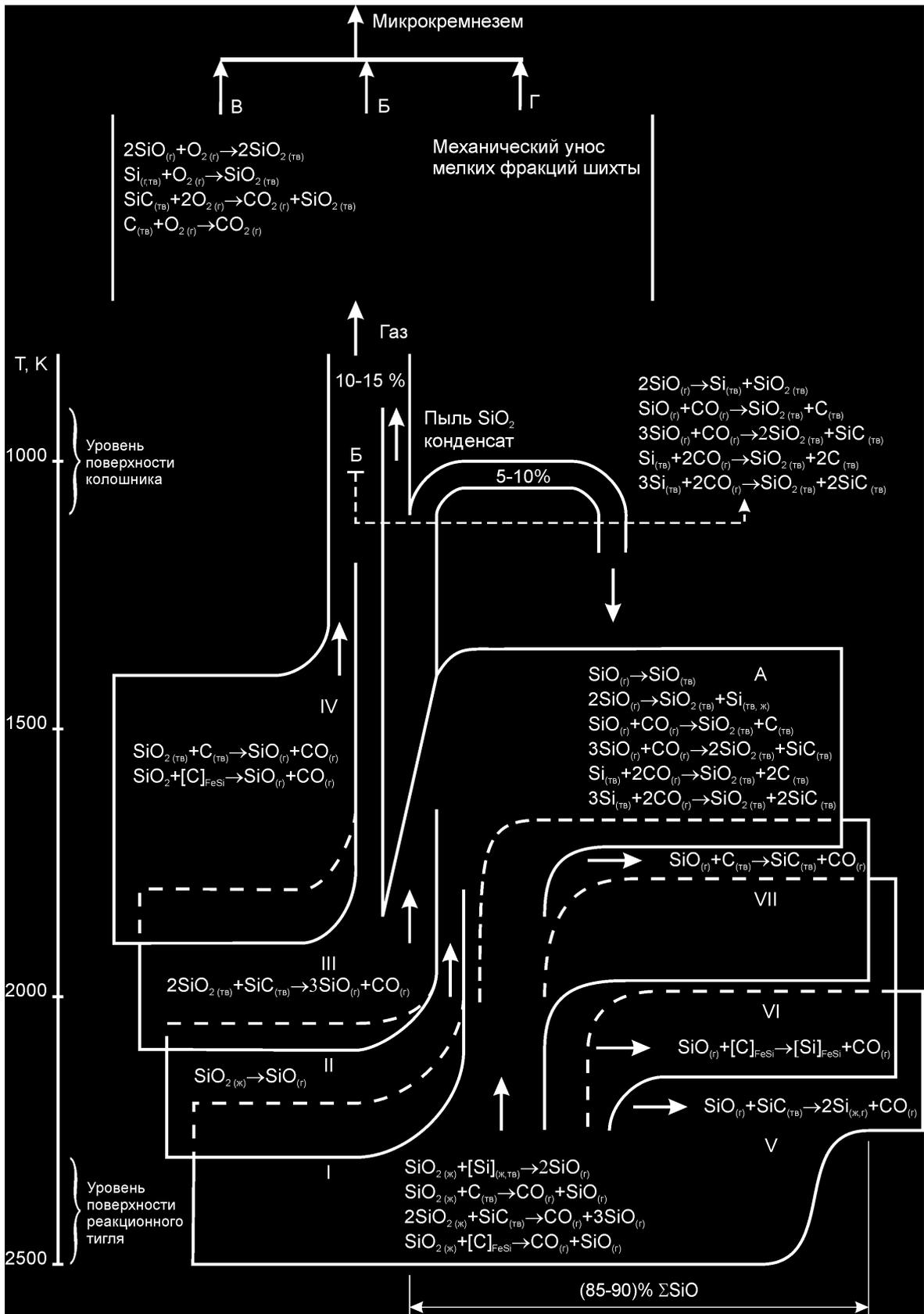


Рисунок 1 - Балансовая схема образования монооксида кремния в печах для плавки ферросилиция

Свободный углерод в МК-Кр содержится в количестве 1,96 - 3,28 % 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. В микрокремнеземе обоих видов присутствуют оксиды кальция, алюминия, железа, фосфора, магния, марганца, титана. Потери при прокаливании микрокремнезема МК-Кр составляют 2,94 %, при прокаливании микрокремнезема МК-ФС – 2,72 %, что согласуется с результатами термического анализа.

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. Удельная поверхность определялась по адсорбции аргона при температуре кипения жидкого азота на «тренированных» в инертной среде при 383 К для удаления сорбированной влаги и газов образцах. Погрешность измерения удельной поверхности не превышала 2 %. При проведении исследований подтверждены отмеченные в целом ряде работ трудности приготовления качественных препаратов из высокодисперсных порошков, образующих благодаря когезионным силам достаточно прочные вторичные агрегаты, не разрушаемые традиционными методами, например, диспергированием в вязкой среде (обычно раствор нитроцеллюлозы в амилацетате). Положительные результаты были получены при реализации следующей методики приготовления препаратов: навеску порошка 0,1 г смешивали с 500 мл

50 % раствора этилового спирта и обрабатывали ультразвуком в диспергаторе ЗДН-1 в течение 15 - 30 мин. Каплю полученной суспензии наносили на угольную подложку толщиной 0,025 – 0,250 мкм и высушивали при температуре 323 К. Использовали увеличение в 20000 – 40000 раз. Относительная погрешность определения размеров частиц составляла 10 %.

В результате электронно-микроскопических исследований 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. Удельная поверхность микрокремнезема, определенная методом БЭТ, составляет 20000 – 22000 м²/кг. При исследовании дисперсности микрокремнезема, образующегося при производстве кремния и ферросплавов, по вышеописанным методикам не установлены их различия по данной характеристике.

Полученная информация о физико-химических свойствах микрокремнезема является достаточно полной и может быть использована для разработки на его основе технологических процессов.

Выводы.

1) Предложена балансовая схема образования монооксида кремния на основе исследования физико-химических взаимодействий в руднотермических печах при плавке кремния и ферросплавов и проведен анализ процессов, обуславливающих образование микрокремнезема при производстве ферросилиция.

2) Проведена комплексная физико-химическая аттестация микрокремнезема, образующегося при производстве кремния (ОАО «Братский завод ферросплавов») и высококремнистых сплавов (ОАО «Кузнецкие ферросплавы»), включающая определение фазового и химического составов, дисперсности и морфологии частиц.

Библиографический список

1. Толстогузов Н.В. Пылеобразование при плавке кремния и высококремнистого ферросилиция / Н.В. Толстогузов, К.С. Елкин // Докл. Совещ. «Электротермия-94»: «Проблемы оптимизации технологического режима и методы расчета дуговых электротермических печей». / СпбТИ. – СПб., 1994. – С. 121 – 128.
2. Якушевич Н.Ф. Взаимодействие углерода с оксидами кальция, кремния, алюминия / Н.Ф. Якушевич, Г.В. Галевский. – Новокузнецк: СибГИУ, 1999. – 250 с.
3. Якушевич Н.Ф. Физико-химические взаимодействия в руднотермических печах при плавке кремния / Н.Ф. Якушевич, О.А. Коврова // Изв.

вузов. Черная металлургия. – 1997. - № 8. – С. 3 – 8.

4. Якушевич Н.Ф. Механизм межфазных взаимодействий в ванне ферросилициевой печи / Н.Ф. Якушевич [и др.] // Материалы Всеросс. науч.-тех. сов. «Компьютерные методы в управлении электротехнологическими режимами руднотермических печей» / С.-ПтТИ – С.-П., 1998. – С. 59 – 65.

УДК

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

ЕФАНОВ М.В., ГАЛОЧКИН А.И.

Алтайский государственный университет

г. Барнаул

Югорский государственный университет

г. Ханты-Мансийск

Комплексное использование возобновляемого растительного сырья – это одна из актуальных задач современности. Как известно, в настоящее время, потребность сельского хозяйства в органических удобрениях удовлетворяется не полностью. В решении проблемы воспроизводства гумуса почв возрастает актуальность работ, связанных с получением новых видов дешевых органических удобрений, служащих источниками веществ гуминовой природы. К числу потенциальных сырьевых ресурсов для получения таких удобрений можно отнести технический лигнин и лигноцеллюлозные материалы (древесные и сельскохозяйственные отходы), в том числе компосты на их основе [1].

Известно, что при медленном микробиологическом разложении лигнина растительных остатков в почве образуются органические продукты, обладающие физиологическим действием на растения. Гумификация лигнина под действием почвенной микрофлоры происходит с образованием гуминовых веществ, обуславливающих плодородие почвы.

Однако естественное микробиологическое разрушение лигнина, приводящее к получению физиологически активных гумусовых веществ, - процесс довольно длительный, продолжающийся много лет. Ускорение этого процесса можно достичь химическим путем окислительной деструкции лигнина с образованием в его структуре физиологически активных групп. К таким функциональным группам относятся, прежде всего, группировки, содержащие азот в связанной медленноусвояемой форме. Их образование в макромолекуле лигнина можно достичь за счет окис-

лительных процессов - реакций окислительного аммонолиза и нитрования [2].

В качестве нового методологического подхода к решению технологических задач по производству N,S – содержащих полимерных продуктов на основе лигноуглеводных материалов нами предлагается использовать механохимический метод переработки растительного сырья, в основу которого положен принцип проведения реакций в твердой фазе (без растворителя). Основополагающая идея наших исследований заключается в глубокой комплексной химической переработке различного по составу лигноуглеводного растительного сырья без разделения на основные компоненты, что ведет к созданию безотходных технологий получения высокомолекулярных продуктов с широким спектром свойств [3].

Как показали исследования процессов химической модификации древесины, проведение химического взаимодействия между растительным сырьем и действующим реагентом-модификатором в этих условиях гарантирует снижение расхода реагентов, сокращение продолжительности реакции, возможность получения продуктов с количественным выходом и позволяет комплексно использовать сырье.

В результате исследований процесса окислительного аммонолиза растительного сырья окислением пероксисоединениями в водно-аммиачной среде разработаны способы получения азотсодержащих производных лигноуглеводных материалов при окислении персульфатом аммония или пероксидом водорода в среде водного аммиака механохимическим способом. Показана возможность получения высокомолекулярных продуктов, содержащих до 12 % органически связанного азота.

Разработан также более дешевый метод получения азотсодержащих производных лигноуглеводных материалов и состав органического удобрения при их окислении кислородом воздуха в среде аммиака механохимическим способом. С помощью этого метода получены удобрения, содержащие до 8 % органически связанного азота [4]. Их себестоимость составляет 1500 руб./т.

Анализ фракционного состава связанного азота в продуктах окислительного аммонолиза подсолнечной лузги показал (таблица 1), что полученные органические удобрения содержат 15 – 35 % легко отщепляемого азота (аммонийный и амидный), а остальное количество азота (65 – 85 %) является органически прочно связанным (аминный и гетероциклический).

Результаты полевых испытаний нового удобрения на посевах яровой пшеницы сорта «Алтайский простор» показали, что азотсодержащие органические удобрения на основе подсолнечной лузги проявляют пролонгированный характер действия и повышают урожайность яровой пшеницы в течение трех лет (таблица 2).

Таблица 1 – Свойства азотсодержащих удобрений на основе лузги подсолнечника (количество аммиака – 0,5 г/г сырья, давление воздуха – 6 атм., температура – 25 °С)

Образец	Продолжительность процесса, мин	Содержание общего азота, %	Фракционный состав азота, % от общего	
			легкогидролизуемый	органически прочно связанный
1	10	3,0	35	65
2	20	3,5	30	70
3	30	5,5	25	75
4	60	6,0	20	80
5	90	6,5	20	80
6	120	8,0	15	85
7	150	8,2	15	85

Таблица 2 – Урожайность яровой пшеницы сорта «Алтайский простор» в связи с применением органического удобрения

Варианты	Доза внесения азота, г/м ²	2001 г.		2002 г.		2003 г.	
		1	2	1	2	1	2
Без удобрений	0	311	-	265	-	73	-
АПЛ (6 % N)	9,0	369	19	307	42	79	6
(NH ₄) ₂ SO ₄ (21 % N)	9,0	375	21	272	7	73	0
НСР ₀₅		35,1		9,4		4,8	

Примечание: 1 – урожайность г/м²; 2 – прирост урожая, %

Довольно перспективными также являются комплексные органоминеральные удобрения, содержащие основные элементы питания растений, гуминовые компоненты и микроэлементы.

Нами разработан кавитационный способ получения азотсодержащих органоминеральных удобрений из растительного сырья и коксохимического сульфата аммония с целью утилизации последнего. Кавитационная обработка способствует быстрой пропитке лигноуглеводных материалов раствором азотных, фосфорных, калийных удобрений и извлечению гуминовых кислот, а также приводит к гидролизу полисахаридов древесины и окислению лигнина.

Установлено, что содержание общего азота в получаемых удобрениях зависит как от состава композиции, так и продолжительности кавитационной обработки реакционной смеси в водной среде в роторном кавитационном аппарате. Так, увеличение содержания в композиции суль-

фата аммония приводит к закономерному увеличению содержания общего азота в получаемых удобрениях (таблица 3). Максимальное содержание азота (11,5 %) получается при соотношении лузги и сульфата аммония равном 1:3 (25 массовых частей лузги на 75 массовых частей сульфата).

Таблица 3 – Состав органоминеральных удобрений на основе подсолнечной лузги

Образец	Состав композиции, массовых частей		Продолжительность кавитационной обработки, мин	Содержание общего азота, %
	подсолнечная лузга	сульфат аммония		
1	25	75	30	11,5
2	35	65	30	9,9
3	40	60	30	8,9
4	50	50	30	8,7
5	25	75	15	12,5
6	25	75	45	7,8
7	25	75	60	7,5

Увеличение продолжительности кавитационной обработки композиции от 15 до 60 минут приводит к уменьшению содержания общего азота в удобрениях от 12,5 до 7,5 %. Это, вероятно, обусловлено усилением кавитационного гидролиза и восстановлением сульфата аммония, что приводит к потере газообразного аммиака. При этом композиции на основе недревесного растительного сырья содержат большее количество общего азота (таблица 4). Себестоимость удобрений, полученных этим способом составляет 1450 руб./т.

Таблица 4 – Качественный и количественный состав органоминеральных удобрений на основе различных лигноуглеводных материалов

Образец	Растительные остатки	Состав композиции, масс. %		N _{общ.} %
		лигноуглеводный материал	сульфат аммония	
1	Подсолнечная лузга	25	75	11,5
8	Древесина березы			10,4
9	Древесина сосны			10,4
10	Костра льна			11,5

Результаты агрохимических испытаний композиций на основе подсолнечной лузги и сульфата аммония на посевах проса сорта «Барна-

ульское-80» свидетельствуют о том, что новые удобрения внесенные в дозе 500 – 600 кг/га (N₆₀) увеличивают урожайность проса на 14 – 23 % (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние новых органоминеральных удобрений на урожайность проса (2004 год)

Варианты	Зеленая масса (цветение)		Сухое вещество (цветение)		Урожай зерна	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Контроль	32,1	100	8,2	100	3,33	100
Сульфат аммония (30 кг N/га)	37,1	116	9,7	119	3,81	114
Сульфат аммония (60 кг N/га)	42,1	131	10,6	130	4,63	139
ЛП* + сульфат аммония (1:1)	36,5	114	9,3	114	3,80	114
ЛП + сульфат аммония (1:2)	38,7	121	9,9	121	4,09	123
ЛП + сульфат аммония (1:3)	37,0	115	9,7	119	4,05	122
НСР05	2,58	-	0,96	-	0,39	-
Примечание: ЛП – лузга подсолнечника						

Таким образом, нами разработаны новые способы переработки растительного сырья, обеспечивающие получение эффективных органических и органоминеральных удобрений пролонгированного действия.

Библиографический список

1. Кононов О.Д., Лагутина Т.Б. Удобрения из отходов лесопредприятий. // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 6. – С. 14 – 17.
2. Ефанов М.В., Галочкин А.И., Новоженев В.А. Синтез новых полимерных материалов на основе растительного сырья. // Тезисы докладов 8 Международной научно-практической конференции «Химия XXI век». – Кемерово, 2005. – С. 152 – 155.
3. Дейнеко И.П., Дейнеко И.В., Корнилова Л.И. Окислительный аммонолиз древесной коры. // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75, № 3. – С. 502 – 505.
4. Ефанов М.В., Галочкин А.И., Дудкин Д.В., Першина Л.А. Способ получения азотсодержащих производных лигноуглеводных материалов // Патент РФ № 2215755. Опубликовано 10.11. 2003. БИ № 31.

ТЕХНОЛОГИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СМЕСЕЙ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ УНИЧТОЖЕНИЮ

Кукурина О. С., Новиков В.Т.

*Томский политехнический университет,
г. Томск*

Значительное количество складированных пестицидов и агрохимикатов, запрещенных или ограниченных в применении, требуют своевременного обезвреживания. Ассортимент и объём таких препаратов постоянно возрастает. В процессе хранения пестицидов нарушается целостность тары, что приводит к образованию смесей неизвестного состава, а, следовательно, к повышению экологической и пожарной опасности складов, ухудшение или исчезновение маркировок приводит к увеличению обезличенной продукции. Так в стране в целом, у потребителей в сельском хозяйстве, хранится тысячи тонн пестицидов, зачастую просто под навесом. При таком хранении в массе отходов могут происходить химические реакции, в результате которых могут образовываться продукты по своей токсичности превышающие исходные.

Экологическая опасность подобных хранилищ усиливается постоянной миграцией экотоксикантов в объекты окружающей среды, а также отсутствием контроля за качеством окружающей среды.

К сожалению, на сегодняшний день ни один из применяемых методов обезвреживания пестицидов не отвечает полностью всем требованиям экологической безопасности.

Таким образом, чрезвычайно актуальной является проблема поиска и разработки новой технологии, позволяющей обезвреживать как индивидуальные токсичные органические вещества, так и их смеси неизвестного состава мягких условиях и без появления вторичных загрязняющих веществ.

На наш взгляд, в наибольшей степени этим требованиям отвечают жидкофазные процессы глубокого окисления органических соединений с использованием пероксида водорода или озона.

В основе предлагаемого нами метода лежит совмещение в одном реакционном объеме нескольких процессов – синтез комплекса окислителей, окисление органической молекулы в растворе, и на аноде, а также деструктивное восстановление на катоде некоторых групп (например, нитрогруппы). Это позволяет осуществить разработанная конструкция бездиафрагменного электролизера [1].

Так как пестицидные препараты выпускаются в виде порошков,

эмульсий и суспензий, то для их окисления в реакторе применяется интенсивное перемешивание.

Синтез окислителя осуществляется при пропускании электрического тока через сернокислотные растворы. Серная кислота, адсорбируясь на аноде (сульфат ион), окисляется до пероксидсерной кислоты (пероксидисульфат-ионов), кроме того, в анодном газе всегда присутствует примесь озона. И далее в растворе пероксидсерная кислота гидролизуется до пероксимonosерной (кислоты Каро) и пероксида водорода [2].

В результате в среде образуется комплекс окислителей, состоящий из пероксида водорода, озона, мононадсерной и надсерной кислот, и частиц их распада радикального характера (H_2O_2 , O_3 , H_2SO_5 , $H_2S_2O_8$, O^\bullet), обладающие высоким окислительным потенциалом. Которые и подвергают деструкции растворенное органическое вещество.

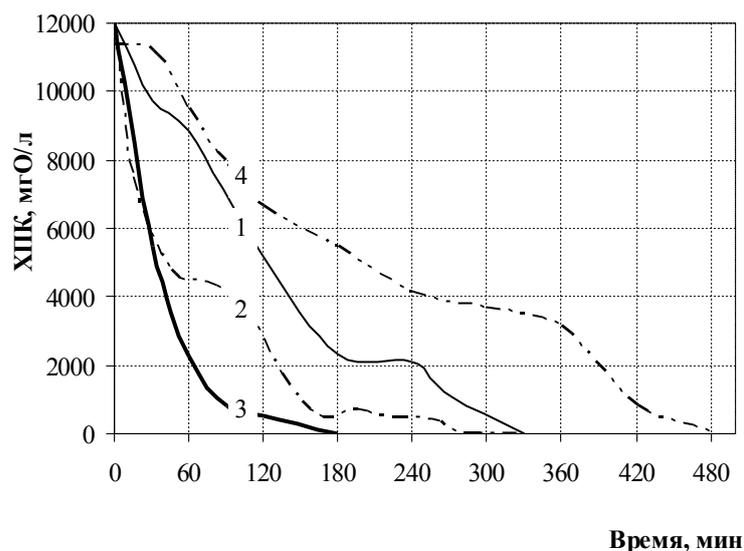
Применение только спектральных методов для анализа смесей неизвестного состава требует большого объема предварительной работы по описанию спектральных характеристик индивидуальных соединений, предполагаемых компонентов смеси. Поэтому целесообразней оценивать степень деструкции исходной смеси органических соединений по содержанию общего органического углерода в пробе.

В качестве аналитического контроля над процессом обезвреживания органических соединений нами опробован бихроматный метод определения химического потребления кислорода (ХПК), с использованием иономера ЭКОТЕСТ-120 в качестве автоматизированного измерителя.

Данный метод использовался для контроля над обезвреживанием, как фенола, так и окисления смеси его наиболее токсичных нитро- и хлорпроизводных (рисунок 1). При окислении смеси фенолов существенных отличий от окисления индивидуальных соединений не наблюдалось.

Для определения границ применения предлагаемого метода в отношении различных классов органических соединений был выбран ряд пестицидных препаратов, которые наиболее полно охватывают все разнообразие химических средств защиты растений. А, именно, это соединения, как алифатические, например, ТМТД, хлорофос, так и ароматические – метафос. Также гербициды — натриевые соли арилоксиалканкарбоновых кислот (2,4-Д и 2М-4Х). Кроме того, 2,4-динитрофенол и его производное – акрекс, а также азотсодержащие гетероциклические соединения – хинозол, прометрин и пропазин.

Перечисленные пестицидные препараты в своей химической формуле содержат такие атомы, как фосфор, хлор, азот, сера. Некоторые из приведенных препаратов запрещены к применению (например, метафос и 2,4-Д), но сохранились на сельскохозяйственных складах и требуют обезвреживания.



1 – 0,2 А/см²; 2 – 0,3 А/см²; 3 – 1 А/см²; 4 – смесь фенолов

Рисунок 1 – Окисление фенола при различных плотностях тока и смеси фенола с его нитро- и хлорпроизводными

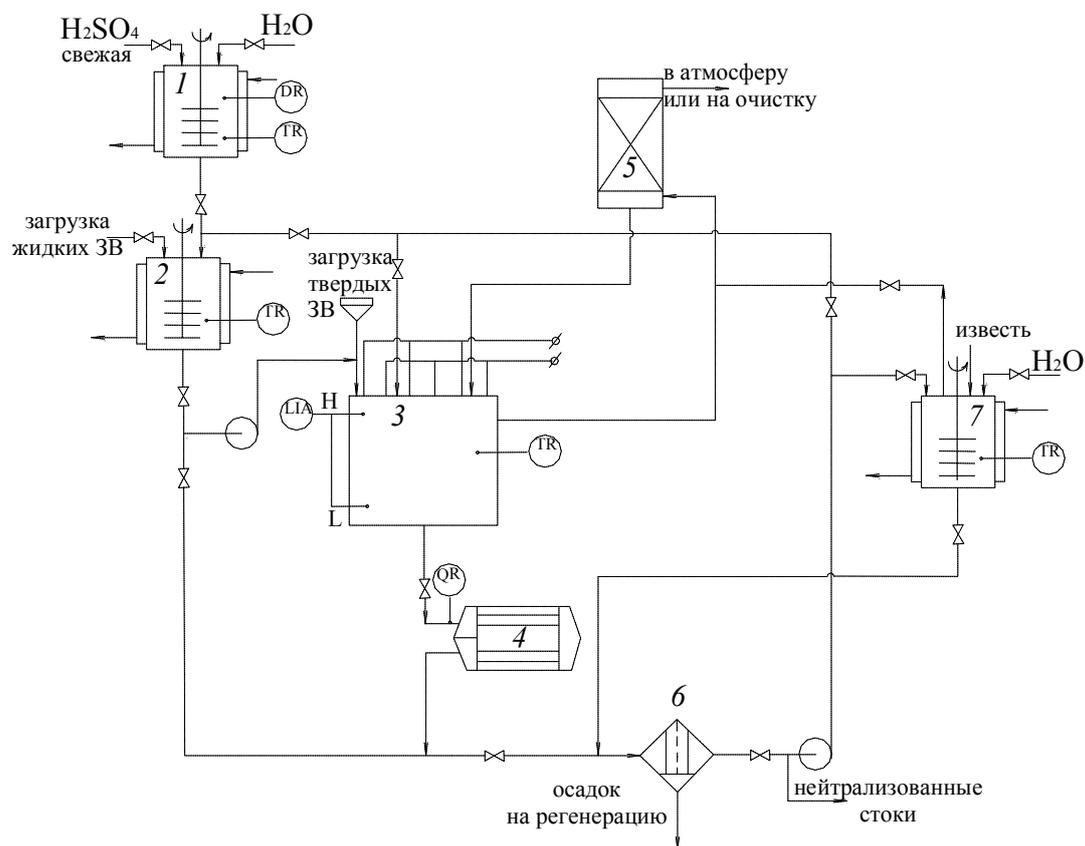
Представленные в таблице 1 значения ХПК проб, отобранных в процессе окисления перечисленных пестицидных препаратов, показали, что под действием окислителя генерируемого электрохимически с большой долей эффективностью деструкции подвергаются как простые, так и сложные органические структуры.

Таблица 1 – Зависимость ХПК проб в ходе окисления пестицидных препаратов

Препарат	Начальная концентрация, г/л	Время окисления органического соединения, мин							
		0	30	60	90	120	180	240	360
		Значения ХПК (мгО/л)							
2,4-Д	5	4222	1813	550	290	<30	–	–	–
2М-4Х	5	6031	3878	2753	1248	546	30	<30	–
Акрекс	5	4472	2437	1369	1000	983	676	69	<30
Прометрин	5	2661	1552	911	561	346	<30	–	–
Пропазин	5	3872	451	129	<30	–	–	–	–
Метафос	9,4	15455	7701	4182	2832	–	480	68	<30
2,4-Динитрофенол	9,2	9257	6498	5814	1606	287	<30	–	–
ТМТД	8	9112	6045	2661	1136	–	534	<30	–
Хлорофос	4	4146	3858	2606	–	1109	<30	–	–
Хинозол	1	1488	1223	459	141	<30	–	–	–

При этом органическая составляющая препаратов окисляется через образование промежуточных продуктов (кислот, спиртов и альдегидов) до простейших молекул. А на катоде проходит восстановление некоторых групп.

Разработанная технологическая схема предлагаемого метода обезвреживания отходов представлена на рисунке 2.



- 1 – емкость для приготовления электролита; 2 – емкость для смешения жидких отходов; 3 – основной аппарат – электролизер; 4 – теплообменник; 5 – конденсатор; 6 – фильтр; 7 – нейтрализатор

Рисунок 2 – Технологическая схема обезвреживания концентрированных отходов органической природы

В аппарате 1 готовят 40 %-ный раствор серной кислоты, при этом отводят выделяющееся тепло. Далее раствор серной кислоты поступает в аппарат 2 для подготовки электродов и на смешение с жидкими концентрированными органическими отходами, затем суспензия подается в основной реактор 3. Для интенсификации растворения смесь подогревают до 60 °С. В случае, если отходы твердые, их загрузку осуществляют не-

посредственно в основной аппарат 3.

Основной аппарат – электролизер (3) работает в периодическом режиме. Рабочий цикл включает загрузку реагирующих веществ, подготовку электродов к электроокислению, проведение окислительного обезвреживания, выгрузку отработанного электролита, подготовку реактора к новому циклу. Производительное время пребывания реакционной смеси равно времени, необходимому для полного окисления органических соединений. Необходимость применения реактора периодического действия диктуют требования к содержанию органических соединений в отходах, т.е. в результате обезвреживания пестицидных препаратов, ХПК отработанного электролита не должна превышать ПДК (30 мг O₂/л). Рабочую температуру и перемешивание смеси осуществляют посредством контура циркуляции через теплообменник 4.

Возможные газообразные выбросы поступают на мокрую очистку 5 и далее – в атмосферу.

При достижении значения ХПК до предельно-допустимого, отводят часть электролита через фильтр 6, где отделяют осадок для дальнейшей регенерации. И затем отработанный электролит может поступать обратно в процесс на растворение отходов, либо на нейтрализацию в аппарат 7. В основной аппарат добавляют новую партию отходов в серной кислоте.

Таким образом, нами предложен новый эффективный способ обезвреживания пестицидных препаратов, имеющий ряд преимуществ перед существующими.

- Процесс ведут при низкой температуре и атмосферном давлении.
- Возможно обезвреживать смеси неизвестного состава, как в виде раствора, так и виде эмульсии или суспензии, причем возможно многократное использование электролита.
- Продуктами окисления являются малотоксичные органические соединения, диоксид углерода и вода.
- Кроме того, установка по обезвреживанию может быть выполнена в мобильном варианте, что немаловажно, так как в России существует всего три специализированных полигона по захоронению неиспользованных пестицидов.

Библиографический список

1. Ивасенко В. Л., Кукурина О. С. Новый процесс жидкофазной деструкции некондиционных пестицидов феноксильного ряда // Инж. экология. – 2000. – № 2 – С. 17-23.
2. Химия и технология перекиси водорода / Под ред. Г.А. Серышева. – Л.: Химия, 1984. – 200 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ РЕГИОНА

Никитенко С.М.

ИНПЦ «ИННОТЕХ»

г. Кемерово

В России примерно 15 % территории с населением свыше 60 млн. человек находится в критическом экологическом состоянии. Промышленные предприятия Кемеровской области десятилетиями не подвергались реконструкции и техническому перевооружению, что значительно увеличивает риск нежелательного изменения окружающей среды. Высокий уровень экологического риска деятельности предприятий угольной отрасли в Кемеровской области ведет к снижению эффективности их работы в рыночных условиях. Повышенный уровень загрязнения окружающей среды приводит к увеличению износа оборудования, снижению производительности труда. В случае экологической аварии предприятие вынуждено нести значительные финансовые затраты на ликвидацию аварии и выплату штрафов за сверхнормативное загрязнение окружающей среды.

Угольная промышленность относится к наиболее существенным источникам негативного воздействия на окружающую природную среду, которое проявляется в форме определенного загрязнения и нарушения ее состояния. Это обусловлено множеством факторов, характеризующих специфическую особенность горного производства и его современное состояние. В этой связи наметившийся в Кузбассе экономический рост сопровождается катастрофической деградацией природной среды. Кроме того, заболеваемость от экологических факторов приводит к потере валового регионального продукта от 3 до 11 % ежегодно. Экологический фактор может стать для региона ограничивающим с позиций инвестиционной привлекательности, вступления России в ВТО и ратификации Киотского протокола.

Органы исполнительной власти (федеральная, региональная и местная власть) принципиально не могут оказывать управляющее воздействие на многообразие субъектов, несущих на себе разные формы освоения сырьевых ресурсов. Государство оказалось не готово к смене собственника и опаздывает с принятием решений. В недалеком прошлом собственник в лице государства был равен субъекту принятия решений.

В новых экономических условиях хозяйствования необходим поиск и апробация новых форм управления эколого-экономической безопасностью предприятий и региона в целом. В настоящее время на терри-

тории Кемеровского района, где сфокусированы все возможные проблемы, связанные с угледобычей, коллективами учеными трех вузов города Кемерово реализуется комплекс технологических проектов экологической направленности. Этот комплекс из четырех проектов способствует решению ряда проблем Кемеровского района, среди которых самые актуальные – высокий уровень потерь тепловой энергии (на некоторых объектах до 25 %), высокая степень ОРЗ и заболеваний, связанных с дефицитом микроэлементов, большое количество отходов углеобогащения и, как следствие, изъятых из сельскохозяйственного оборота пахотных земель, низкая активность предпринимательского сектора.

Комплекс проектов под руководством специалистов Инновационного научно-производственного центра «ИННОТЕХ» выиграл грант Института Устойчивых Сообществ (США) по программе РОЛЛ-2000:

1. Внедрение эффективных низкочастотных технологий потребления тепловой энергии на муниципальных объектах (ИНПЦ «ИННОТЕХ»).

2. Внедрение апробированной технологии очистки шламовой воды для существенного снижения образования отходов углепереработки (КузГТУ).

3. Внедрение технологии биологической рекультивации земель горнорудного производства (КемГСХИ).

4. Производство обогащенных продуктов для профилактики алиментарнозависимых заболеваний населения Кемеровского района (КемТИПП).

Финансовую и ресурсную поддержку в реализации проектов оказывают Администрация Кемеровского района и промышленно-производственные предприятия, действующие на его территории.

Первый проект обеспечивает оптимизацию теплоснабжения объектов муниципальной сферы и жилья. По итогам 2004 г. общие потери тепловой энергии в районе составили около 27 тыс. Гкал. Реализуемый проект позволяет оптимизировать работу котельных и значительно повысить их коэффициент полезного действия, эффективно отрегулировать отопительные системы и достичь энергосбережения при отоплении автономных жилых объектов и фермерских хозяйств. Предполагается, что в результате внедрения комплекса энергосберегающих технологий в тепловых системах, подверженных модернизации, сократится потребление энергопотребления не менее чем на 40 %, средний расход традиционных энергоносителей на объектах муниципальной сферы сократится практически вдвое. Проект имеет выраженный экологический эффект: применяемые технологии модернизации не предполагают использования химических реагентов или иных токсических веществ, технология изготовления нового вида топлива (брикеты) не содержит никаких синтетиче-

ских и химических вяжущих веществ, и в процессе сгорания количество выбросов уменьшается втрое, газогенераторный газ при сгорании образует пары воды и нейтральные газы, что не нанесет ущерба окружающей среде.

Второй проект – внедрение технологии очистки шламовой воды – позволит снизить загрязнение окружающей среды сбросами жидких отходов флотации, сократить выбросы в воздушную среду угольной пыли и вредных веществ при термической сушке флотоконцентрата. К внедрению предложена апробированная на ЦОФ «Сибирь» технологии селективной масляной агломерации угольных частиц с применением активирующих добавок, при этом предполагается заменить дорогостоящие нефтепродукты утилизированными отработанными автомобильными маслами муниципального и личного транспорта. В результате – расход масляных реагентов при применении активирующих добавок сокращается практически на четверть, сброс твердых частиц с отходами флотации в отвалы снижается на 20 тыс. тонн в год. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу сократятся на 20 %. Эколого-экономический эффект составит около 5 млн. рублей при переработке на УОФ 1 млн. тонн угля.

Данный проект обеспечит качественную основу для третьего проекта – рекультивации породного остатка шламов биологическими методами. В Кемеровской области насчитывается 408 предприятий, нарушающих почвенный покров, из них ведущее место занимают предприятия угольной промышленности – 205. Существующие технологии рекультивации земель малоэффективны, а широкое введение в культуру облепихи имеет негативные последствия – ее естественное отмирание превращает лесонасаждения в сухостой. Суть новой технологии заключается в биологической рекультивации нарушенных горными работами земель путем закрепления поверхности многолетними травами и быстрорастущими кустарниками с минимальным объемом планировочных земляных работ. Комплекс мероприятий по сохранению и формированию ландшафтной системы является принципиально новым подходом к проведению биологической рекультивации. При этом используются растения-азотфиксаторы, влияющие положительно на почвенную микрофлору и содержащие жизненно важные микроэлементы.

Таким образом, создается основа для реализации четвертого проекта, который предполагает тиражирование региональной программы профилактики алиментарнозависимых заболеваний «К здоровью – через питание». Как результат ожидается снижение уровня заболеваний детского и взрослого населения, уменьшение фактических денежных выплат по больничным листам, повышение работоспособности социально-значимой группы населения, увеличение ее состава и продолжительности жизни.

В дальнейшем, после завершения работ по комплексу проектов, планируется реализовать многофакторное моделирование технологических процессов, являющихся наиболее важными элементами негативного влияния на окружающую природную среду, определенных на основании детального аналитического осмысления непосредственных составляющих эколого-технических, экономико-технических показателей и сущностного содержания технологических особенностей топливно-энергетического комплекса региона. Такие модели предоставят возможность осуществлять эффективное управление производственными процессами на организационном, технологическом уровне посредством прогнозирования и принятие наиболее рационального решения в процессе планирования, с целью улучшения эколого-экономических показателей предприятия и региона в целом, а также создания всех необходимых условий для последовательного, поэтапного перехода на безотходные технологии.

УДК 669.02/09

**НОВЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И АГРЕГАТ
НА ПРИНЦИПАХ САМООРГАНИЗАЦИИ
И КОМПЛЕКС БЕЗОТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ЦЫМБАЛ В.П., Мочалов С.П. Кожемяченко В.И, Рыбенко И.А.,
Красноперов С.Ю., Калашников С.Н. Падалко А.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Металлургическое производство на многих российских (и в странах СНГ) заводах находится в устаревшем виде. В тоже время из за многозвенного характера традиционной металлургии на крупных заводах накоплено и продолжает накапливаться большое количество металлосодержащих и углеродсодержащих отходов (омазученной окалины, шламов газоочисток, графита, мелкой стружки и др.), которые могут быть эффективно переработаны в рассматриваемых ниже агрегатах типа СЭР (самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор).

Особенности процесса и агрегата типа СЭР

(самоорганизующийся струйно-эмульсионный реактор)

Группой ученых СибГИУ (кафедра информационных технологий в металлургии и научно-инновационная фирма «Синергетис») и специалистов ОАО «ЗСМК» в период с 1991 по 2001 год создан металлургический процесс и агрегат на принципиально новой теоретической основе [1 – 3]. При этом были использованы основные идеи теории самоорганизации [4

– 6], результаты исследования кинетических, гидродинамических и термодинамических закономерностей, теория газовых струй и свойства двухфазных течений [7], результаты математического моделирования и оптимизации процессов, дополненные рядом оригинальных конструктивных и технологических решений [8]. Большую роль в развитии этих идей сыграли труды Брюссельской школы под руководством И. Пригожина [4] и основополагающие работы по синергетике Г. Хакена [5], а также работы ряда российских ученых [9].

Новый непрерывный процесс и агрегат, схема которого приведена на рисунке 1, разрабатывался по классическому варианту современных наукоемких технологий: концептуально-теоретическая постановка задачи; создание физико-химических и математических моделей, методик и систем инженерных расчётов технологических и конструктивных параметров; физическое моделирование; испытание отдельных элементов процесса и агрегата в производственных условиях; проектирование и строительство опытной крупномасштабной установки с автоматизированным экспериментом для отработки различных вариантов технологий.

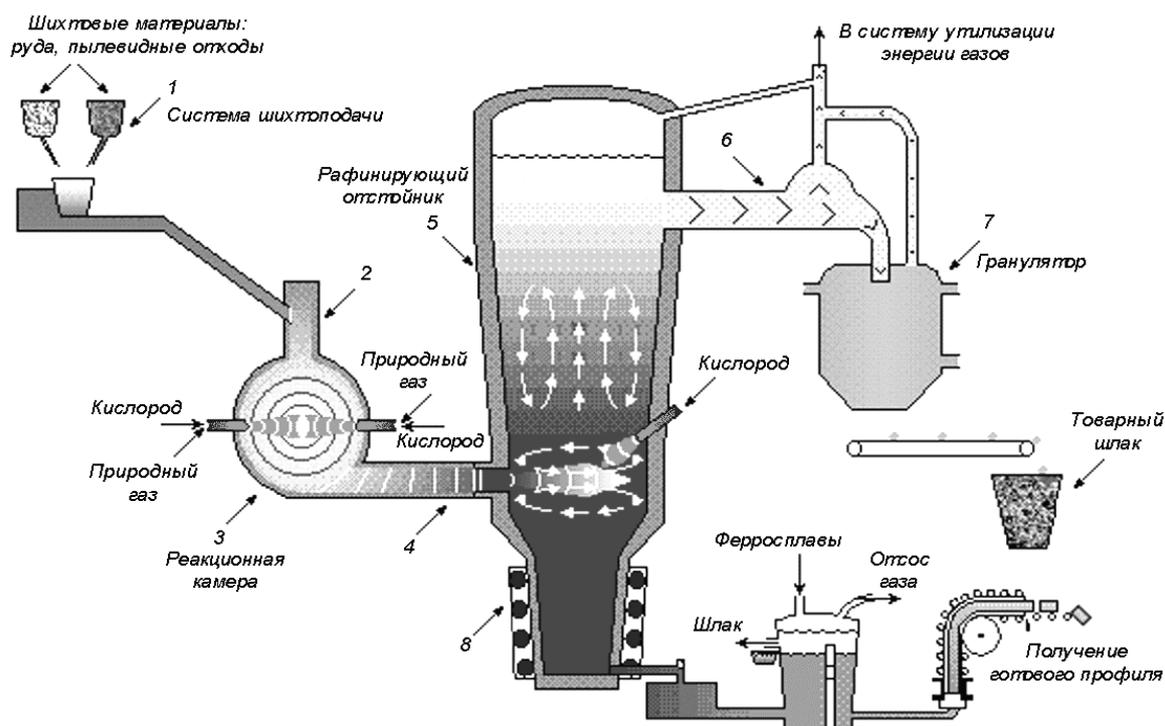


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса и агрегата типа СЭР

Рассмотрим кратко назначение и функции основных составных частей технологического агрегата. Система шихтоподдачи 1 предназначена-

на для транспортировки, смешения и подачи в агрегат в замкнутом режиме под давлением с помощью дозатора 2 пылевидных шихтовых материалов, что позволяет исключить стадии окомкования, присущие большинству известных металлургических процессов, и использовать большую реакционную поверхность пылевидных материалов.

Главным назначением реакционной камеры 3 является создание газозвеси с большим (изменяющимся) объемным газосодержанием, сжигание с недостатком кислорода (конверсия или газификация) природного газа, мазута или пылеугольного топлива, выведение процесса в сильно неравновесное состояние и создание высокого потенциала давления реакционных газов, что достигается благодаря использованию эффекта критического истечения двухфазной среды в канале 4 в сочетании с изменением газосодержания в камере 3 путём торможения и ускорения химических реакций с газовыделением. Рафинирующий отстойник 5 предназначен, прежде всего, для разделения металлической и шлаковой составляющих и эффективного протекания в газошлаковой эмульсии гетерогенных физико-химических процессов. При этом металл накапливается в копильнике 8, а шлак в виде эмульсии или газозвеси выталкивается через канал 6 с сепаратором газа в гранулятор 7.

Таким образом, в реакционной камере 3 физико-химические процессы развиваются при большом отклонении от термодинамического равновесия в системе под давлением, где созданы большие удельные поверхности контакта фаз. А в рафинирующем отстойнике 5, который к тому же играет роль мокрой газоочистки, имеет место стремление процессов к термодинамическому равновесию. Большое значение имеет нижняя подача приготовленной в камере 3 реакционной смеси. При этом вылетающий из соединительного канала 4 двухфазный поток образует над копильником 8 своеобразную динамическую подушку, играющую роль аналогичную провальной решетки в агрегатах кипящего слоя. Это позволяет и в прямом и в переносном смысле подталкивать процесс снизу вверх от термодинамического равновесия.

Основными преимуществами нового процесса являются: высокие скорости химических реакций, 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 энергоёмкость (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.

Для литейных цехов машиностроительных заводов, особенно с учетом возможности получения специальных сталей методом прямого

легирования, следует рекомендовать для первоначального внедрения технологический мини-модуль производительностью 20 – 30 тыс. тонн в год (2 – 3 тонны в час), который удобен для гибкой перестройки и отработки новых технологий вплоть до получения меди или никеля из пиритного сырья. Затраты на реализацию такого мини-модуля составят порядка 2 – 2,5 млн. долларов. В настоящее время выполнен проект технологической компоновки, а также найдены основные конструктивные решения для такого технологического мини-модуля, который планируется реализовать в содружестве с ОАО «Сибэлектротерм».

Роль электросталеплавильных печей в предлагаемых новых технологиях. Познакомившись с новым металлургическим процессом и агрегатом, остановимся на возможных вариантах использования индукционных и дуговых печей в структуре рассмотренных технологических модулей. Прежде всего, при этом следует отметить, что процессы в агрегате типа СЭР отличаются высокими скоростями и неравновесностью. Среднее время пребывания частиц в первом реакторе составляет несколько секунд, а во втором реакторе порядка 10 – 15 минут. Поэтому для получения стабильного состава металла необходима подогреваемая усреднительная емкость со временем пребывания порядка 15 – 20 минут, в которой кроме того могут решаться задачи раскисления, корректировки состава металла, а также ввода модифицирующих добавок. В связи с непрерывностью процессов и относительно небольшой часовой производительностью технологических модулей (от 2 – 3 до 10 – 20 тонн в час), по-видимому, можно отдать предпочтение индукционным печам.

Особенно удобно использование индукционных печей в качестве копильника в нижней части рафинирующего отстойника в связи с тем, что кладка с замурованными в ней витками индуктора хорошо стыкуется с подобного же вида конструктивными решениями по гарнисажному охлаждению этого агрегата. Гибкое управление тепловым режимом открывает возможность как быстрого нагрева (обессеривание, восстановление некоторых элементов при прямом легировании), так и быстрого охлаждения при выключенном охлаждаемом индукторе (тепловой удар необходимый для обесфосфоривания). В качестве подогреваемой усреднительной емкости возможно также использование агрегатов печь-ковш небольшой емкости.

Интересные возможности открывает использование индукционных печей со стержневым индуктором типа «Presspour» или других печей, работающих под давлением. Установка такой печи после агрегата типа СЭР позволяет с одной стороны управлять темпом выпуска металла из рафинирующего отстойника, с другой стороны – выдачей металла на установку непрерывной вытяжки готового профиля или на линию мелкофасонного точного литья.

Возможные направления и варианты реализации

Процесс типа СЭР позволяет коренным образом изменить традиционную структуру металлургического завода, так как устраняются агломерационное, коксохимическое, а также доменное производства. Сопоставление предлагаемых структур со схемой традиционной металлургии показано на рисунке 2. Вместо последовательности крупных агрегатов, работоспособность и изменение производительности которых трудно обеспечить при меняющейся конъюнктуре рынка, предприятие новой структуры должно состоять из набора однотипных, независимо друг от друга работающих модулей, например, производительностью 150 – 200 тыс. тонн в год, построенных на основе технологической схемы, приведенной на рисунке 1. Рассмотрим последовательно несколько возможных вариантов реализации технологических схем.



Рисунок 2 – Сопоставление и возможные варианты реализации технологических схем

1. *Технологический мини-комплекс* (см. модуль 1 на рисунке 2) производительностью 150 – 200 тысяч тонн жидкого металла в год, включающий агрегат типа СЭР в составе двух реакторов, шлакоприемник или гранулятора шлака, агрегат доводки, агрегат совмещенной разливки с прокаткой или непрерывной вытяжки готовых профилей. В качестве последнего, например, предполагается использовать разработки и изобретения группы ученых Института теоретической и прикладной механики СО РАН г. Новосибирск, в которых используется принцип вертикальной непрерывной разливки (вытяжки) с использованием жидкометаллических теплоносителей, позволяющих в 15 – 20 раз повысить скорость кристаллизации. Проблема здесь заключается в выборе и точном поддержании скорости вытяжки металла с учетом скорости затвердевания и обеспечения циркуляции жидкометаллического теплоносителя.

2. *В качестве второго варианта* (модуль 2 на рисунке 2) может быть рассмотрена подобная же технологическая схема прямого получения жидкого металла, но с выходом на суспензионную разливку и объемную кристаллизацию с получением, например, мелкофасонного точного литья.

Реализация этого направления, по-видимому, может изменить отношение к литым изделиям. Введение ультрадисперсных тугоплавких модификаторов в оптимальных количествах позволяет управлять количеством зародышей и размером кристаллов в рамках объемной кристаллизации, что позволяет получить прочностные свойства для литых изделий не уступающие аналогичным свойствам изделий из прокатного металла [10].

Следует попутно заметить, что полученный нами методом прямого восстановления на опытной установке (пока в небольших количествах) металл обладает интересными (пока мало изученными) свойствами. В частности, он очень трудно поддается механической обработке, трудно режется как механическими, так и газовыми резаками. Это, по-видимому, можно объяснить тем, что он не прошел через окислительные стадии обработки, самораскислен и даже модифицирован сверхравновесным содержанием углерода, но эти предположения требуют обстоятельного изучения. В случае подтверждения этих свойств и гипотез открываются интересные возможности для получения изделий с новыми свойствами, особенно в сочетании с возможностью прямого легирования.

Для машиностроительных заводов возможным и целесообразным вариантом технологических схем является получение в агрегатах типа СЭР жидкого полупродукта или твердой шихтовой заготовки (модуль 3 на рисунке 2) с последующей доработкой его в существующих на этих заводах дуговых или индукционных печах. Metallургическое производ-

ство на многих российских (и в странах СНГ) машиностроительных заводах находится в устаревшем виде. Предлагаемые разработки открывают возможность создания собственной мини-металлургии «полного цикла», т.е. без использования лома, цены на который неуклонно растут. При этом одновременно решаются задачи получения первородного металла без неокисляемых примесей (меди и никеля), а также использования пылевидных металлосодержащих отходов (окалины, шламов, мелкой стружки и др.).

Интересным вариантом является реализация агрегата типа СЭР в мобильном исполнении. Учитывая, что объем агрегата производительностью 150 – 200 тысяч тонн в год составляет всего 40 – 50 м³, мобильная установка может быть скомпонована на двух-трех вагонах или трейлерах, тем более что на машиностроительных заводах, выпускавших мобильные ракетные установки, имеются технологические возможности сделать опорную часть и средства доставки такого комплекса. Такой комплекс может располагаться непосредственно у места добычи руды и ее обогащения или вблизи места складирования отходов. Продуктом такого комплекса является шихтовая заготовка (первородный металл). Потеря температуры жидкого металла в этом случае вполне оправдана, поскольку для получения одной тонны металла из руды требуется 4 – 5 тонн сырья и топлива. В России на 1 тонну проката приходится 5000 тонно-километров перевозок [11].

При реализации такой установки может возникнуть необходимость иметь мобильную кислородную установку небольшой производительности и решение задачи использования и газификации внутри агрегата СЭР пылеугольного топлива. Следует также отметить, что высокий энергетический потенциал отходящих газов и герметичность системы открывает возможность для создания на основе агрегатов типа СЭР замкнутого цикла тепло- и электроснабжения: котел-утилизатор; паровая или газовая турбина; турбокомпрессор.

Комплексная, практически безотходная переработка титаномагнетитовых руд, огромные запасы которых имеются на Урале, в Западной и Восточной Сибири, в то время как половина сырья для титановой промышленности ввозится на Урал с Украины. В доменных печах пока осуществляется небольшая подшихтовка такими рудами из-за опасности получения вязких гетерогенных шлаков.

На нашей опытной установке показана принципиальная возможность реализации технологии переработки титаномагнетитового концентрата в агрегате тип СЭР с разделением железосодержащей и титаносодержащей составляющих. Это достигается благодаря тому, что процесс в агрегате типа СЭР находится в газофазной области, а шлак взвешен в верхней части рафинирующего отстойника и может выпускаться с любо-

го уровня по высоте агрегата с обеспечением оптимального (с точки зрения текучести шлака) содержания оксидов железа и титана. Эта весьма важная как для черной, так и для цветной металлургии задача заслуживает отдельного рассмотрения.

Использование технологических модулей на основе агрегата типа СЭР и электропечей в рамках переходной структуры традиционных металлургических комбинатов. Как уже упоминалось в начале статьи, многие зарубежные, особенно американские, традиционные заводы полного цикла пытаются добиться статуса реконструируемых предприятий и идут по пути создания в рамках традиционного производства мини-заводов. Такой путь, по-видимому, целесообразен и для российской металлургии.

Здесь также можно рассмотреть несколько возможных направлений:

- Использование агрегатов типа СЭР для переработки пылевидных железосодержащих и углеродосодержащих отходов (омазученной окалины, шлама газоочисток, графита, извести, отходов углеобогащения и др.).

- Может оказаться интересной и реальной комбинация агрегата СЭР, расположенного рядом с нагревательными печами, когда отходящие газы из этого агрегата подаются на отопление этих печей. В связи со старением централизованного газового хозяйства, постепенным выводом из эксплуатации доменных печей и коксохимических батарей, децентрализация газоснабжения на заводах и комбинатах может стать реальностью.

- В этом случае не исключена возможность использования агрегата СЭР как газификатора пылеугольного топлива и одновременно водогрейного агрегата, в связи с тем, что имеющиеся инженерные решения позволяют полностью утилизировать тепло гарнисажного охлаждения.

- Не менее интересной представляется комбинация агрегата типа СЭР с паровыми котлами тепло- и электроснабжения. 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.

Рассмотренные выше разработки позволили предложить комплекс (рисунок 3) безотходных технологий, который был представлен на нескольких международных конгрессах [12 – 14] и вызвал определенный интерес. Естественно, реализация всего этого комплекса технологий требует времени и средств, но двигаться в этом направлении необходимо, особенно с учетом критического состояния экологии и постепенного истощения ресурсов. К тому же следует заметить, что единичные затраты

на мини-комплекс относительно невелики, а окупаемость достигается быстро. Это открывает возможность для постепенного изменения структуры металлургических, а также машиностроительных заводов.

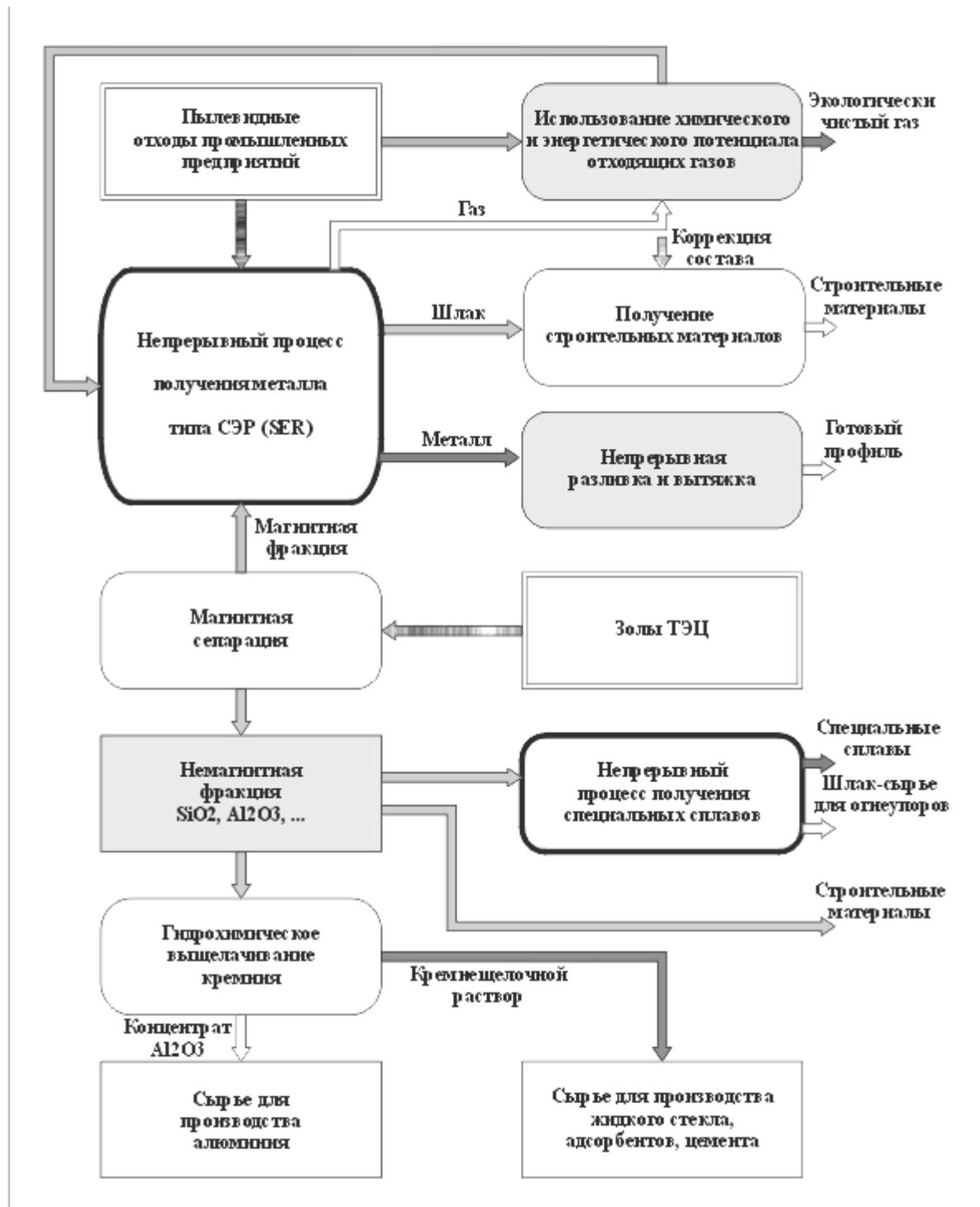


Рисунок 3 – Схема комплекса безотходных технологий

Библиографический список

1. Патент № 1835173 Способ непрерывного рафинирования металла и агрегат для его осуществления / В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, К.М. Шакиров, Р.С. Айзатулов, Б.А. Кустов, Н.И. Михеев и др. // 1988.
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. Записи: 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
4. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979, 512 с.
5. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980, 406 с.
6. Цымбал В.П. Введение в теорию самоорганизации: с примерами из металлургии: Учебное пособие. СибГИУ.- Новокузнецк, 2001. – 251с.
7. Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Волновая динамика газопарожидкостных сред. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248с.: ил.
8. В.П. Цымбал, С.П. Мочалов, Р.С. Айзатулов и др. Струйно-эмульсионный процесс и реактор: новые возможности для миниметаллургии и машиностроения. // *Электрометаллургия*. – 2002. - № 5. – С. 10 – 18.
9. Гладышев Г.П. Термодинамика и макрокинетика природных иерархических процессов. – М.: Наука, 1988. – 287 с.
10. Модифицирование сталей и сплавов дисперсными инокуляторами: Монография / В.П. Сабуров, Е.Н. Еремин, А.Н. Черепанов. Г.Н. Миннеханов. Омск: Изд-во ОмГТУ. 2002. 212 с.
11. Шульц Л.А. Энерго – экологическая оценка металлургического производства. Известия вузов ЧМ, 1999, № 8.
12. Tsymbal V.P., Mochalov S.P., R.S Aizatulov a.e. // Recovery. Recycling. Re-integration Collected papers of the R-97 International Congress. – Geneva. – Switzerland. – 1997, Vol. 1.- P. 168 – 172. Vol. 5. – P. 162 – 167.
13. Tsymbal V.P., Mochalov S.P., R.S Aizatulov a.e. // Proceedings: 12th International Symposium on Coal Combustion By – product (CCB) Management and Use, Prepared by American Coal Ash Association Alexandria, Virginia. – 1997, Vol. 2. – P. 51 – 63.
14. Tsymbal V.P., Mochalov S.P., Pavlenko S.I. a.e. // Proceedings of the Second International Conference on Environment (ICEM2). – Australia. – 1998, - P. 831 – 838.

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРМИКУЛЬТУРЫ

БЛАГОРАЗУМОВА А.М., МОРОЗОВ В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Переработка осадков городских сточных вод требует особого подхода и применения технологий, позволяющих их утилизировать, в результате чего из отходов можно получить ценнейшее удобрение. Этому способствует принятый федеральный закон «Об отходах производства и потребления», в целях предотвращения вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот.

При очистке городских сточных вод образуется большое количество осадков. Многочисленные данные, приведенные в литературе, свидетельствуют о высокой агрохимической ценности осадков, которые по содержанию азота, фосфора, органических веществ находятся на уровне навоза животноводческих комплексов и некоторых видов минеральных удобрений. Основными направлениями утилизации ОСВ являются их сельско-хозяйственное использование и рекультивация земель. При использовании осадков в качестве удобрения главное ограничение – содержание тяжелых металлов и наличие гельминтов. Разработанный ГОСТ [1] позволяет четко определить область применения ОСВ.

В связи с особым вниманием в последние годы к проблемам экологии вермикультивирование является одной из наиболее перспективных, экологически чистых и безотходных технологий, биологическая основа которого исключает опасность загрязнения среды, снижает содержание тяжелых металлов и гельминтов. Наиболее эффективными для вермикультивирования являются черви, относящиеся к виду красных червей.

Гибрид «красного калифорнийского червя» был получен врачом Барретом (университет штата Калифорния) в результате селекции различных видов красного червя. Он более универсален по своим характеристикам, экономически более эффективен и в отличие от своих «диких» сородичей имеет большую продолжительность жизни (16 лет вместо 4), более плодовит (до 1500 особей в год), очень вынослив, приучен жить в неволе. Взрослый червь ежедневно потребляет количество пищи, равное массе своего тела, 60 % поглощенной пищи выделяет в виде экскрементов (копролитов). Важная особенность этого червя – утрата инстинкта покидать свое место обитания. Поэтому его можно разводить под открытым небом, не боясь потери популяции.

В России культивирование дождевых червей начато в 1984 году во Владимирском государственном педагогическом институте. В 1989 г. в городе Иваново-Франковске создана ассоциация «Биоконверсия» по селекции и применению вермифтехнологии. Выведены отечественные штаммы этих животных, превосходящие калифорнийского по эффективности.

В Новокузнецк первая партия вермикультуры (ВМК) была завезена из Томска и размещена на очистных сооружениях канализации ЗАО «Водоканал».

Первый этап исследований заключался в подборе субстратов, в которых ВМК будет жить, развиваться и комфортно себя чувствовать (подвижность, наличие коконов). Одним из главных условий, ограничивающих применение субстратов, является содержание тяжелых металлов, характерное для осадков городских сточных вод и отсутствие их в отходах животноводческих комплексов.

В качестве субстратов для заселения ВМК были использованы:

1. Осадок с иловых прудов, простоявший обезвоженный 10 лет.
2. Обезвоженный осадок годичной давности.
3. Перегной со свинокомплекса (СВК) Чистогорский, пролежавший 2 года.
4. Почвенная смесь и измельченной травы.
5. Почвенная смесь и перегной от крупного рогатого скота.
6. Почвенная смесь и перегной от птицефабрики.

Из перечисленных субстратов за 3 недели наблюдения было выявлено, что осадок с иловых прудов и почвенная смесь с травой являются наименее приемлемыми, вследствие незначительного переселения в них ВМК и отсутствия образования коконов. Наиболее оптимальными оказались осадок сточных вод годичной давности (ОСВ), смесь с перегноем СВК и птицефабрики.

Второй этап исследований заключался в закладке различных субстратов с вермикультурой в осадок сточных вод и проведение исследований химического состава осадков.

Характерным свойством ВМК является переселение ее в субстраты, которые подходят для ее жизнедеятельности. Поэтому чтобы изначально сохранить ВМК закладку производили секторами, граничащими и чередующимися между собой.

Важные условия существования ВМК это наличие питательной среды, оптимальной температуры воздуха (20 – 25 градусов), влажность 75 – 80 %. При температуре 28 градусов и выше происходит стерилизация коконов.

Перед заселением ВМК был выполнен химический анализ субстратов на содержание в нем тяжелых металлов, соединений азота и фосфора (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в субстратах

Наименование показателя.	Единицы измерения	Исходные осадки сточных вод (ОСВ)	Субстраты ОСВ:СВК	ГОСТ. Р17.4.3.07-2001*	Экологические нормативы для вермикомпостов**
Органическое вещество	%	33,92	32-34. 85	не менее 20	не менее 15
РН		6,3	6,25-6,4	5,5-8,5	≥6,5
Массовая доля общего азота	%	1,89	15,-1,74	не менее 0,6	не менее 0,5
Доля общего фосфора P ₂ O ₅	%	3,155	2,9-3,105	не менее 1,5	не менее 1,0
Свинец	Мг\кг	44,4	34-43,5	250	750
Кадмий	Мг\кг	0,92	-	15	20
Никель	Мг\кг	112,9	100-120	200	300
Хром	Мг\кг	18,02	12,1-19,3	500	750
Цинк	Мг\кг	640,21	431-500,2	1750	2500
Медь	Мг\кг	19,41	18,6-19,8	750	1000
Мышьяк	Мг\кг	4,15	3,5-4,18	10	-
Марганец	Мг\кг	593,3	537,5-580	-	2500
Кобальт	Мг\кг		8,5-10	-	100
Примечание: - показатели не определялись. * - Содержание тяжелых металлов приведено для осадков I группы. ** - Экологические нормативы для вермикомпостов по Орлову, Садовниковой (1996).					

Как видно по результатам химического анализа исходных субстратов, содержание тяжелых металлов в них ниже нормативов по ГОСТ и для вермикомпостов.

Наблюдения за работой вермикультуры показали:

1. Через неделю она на 80 % переселилась в секторы со свежим субстратом.

2. За 8 недель работы вермикультуры прошла почти полная переработка субстратов, в результате чего, структура биогумуса (копролита) стала рыхлой, легко рассыпающейся, с четко выраженными гранулами размером 1.5 – 2 мм.

Вторая партия ВМК была завезена в октябре 2004 года и размещена в контейнерах в лаборатории «Водоснабжение и водоотведение» СибГИУ, сюда же перевезли с очистных сооружений первую партию культуры.

В лаборатории была продолжена работа по наращиванию биомассы ВМК, подбору субстратов. Из субстратов на зимний период были заготовлены осадок сточных вод и перегной с «Чистогорского свиногомплекса».

Закладка субстратов производилась из ОСВ и в сочетании с перегноем СВК.

В субстрате из ОСВ образование коконов, выведение потомства проходило с лучшими показателями, но копролит – в виде мажущейся массы, в отличие от рассыпающегося, полученного на очистных сооружениях. Для получения более рыхлого копролита в ОСВ добавляли перегной СВК в соотношениях от 1:5 до 1:1.

За 6 месяцев работы вермикультуры ее прирост биомассы, вследствие благоприятных условий существования увеличился в 4 – 4,5 раза, плотность заселения составляет 3 – 4 тысячи на квадратный метр.

В процессе жизнедеятельности вермикультуры получают копролит – ценное удобрение и ее биомассу, широко используемые в народном хозяйстве. В вермикомпостах в 3 – 5 раз возрастает доля гумуса; растет сбалансированность азота, фосфора, калия; снижается содержание тяжелых металлов (таблица 2); увеличивается содержание кальция из-за выработки в особых известковых железах пищевода ВМК кальцита; нейтрализуются находящиеся в субстратах кислоты.

Проведенные исследования показали соответствие свойств осадков нормативным требованиям и возможность их использования в качестве удобрения под все сельскохозяйственные культуры, кроме овощных, зеленых и земляники, а также в зеленом строительстве, промышленном цветоводстве [1] и при рекультивации земель.

При использовании для вермикультивирования осадков городских сточных вод необходимо:

1. Проверять осадки на содержание тяжелых металлов и мышьяка.
2. Применять обезвоженные осадки, пролежавшие не более 2-х лет.

3. При наличии в осадках гельминтов производить их предварительное обеззараживание, с применением компостирования.

Таблица 2 – Химический состав вермикомпостов

Наименование показателей.	Единица измерения	Вермикомпост на основе ОСВ.	Вермикомпост на основе ОСВ:СВК
Органическое вещество	%	33,5-35,1	33,6-35,3
рН	%	6,45-6,9	6,3-6,8
Массовая доля общего азота	%	1,73-2,4	1,82-2,8
Доля общего фосфора Р ₂ О ₅	%	3,18-3,45	2,98-3,34
Свинец	Мг\кг	29,8-30,6	28,4-32,5
Кадмий	Мг\кг	-	-
Никель	Мг\кг	82,7-89,4	78,5-80,6
Хром	Мг\кг	14,8-16,6	7,8-10,2
Цинк	Мг\кг	421-435,1	368,4-391,3
Медь	Мг\кг	17,6-18,2	16,4-17,5
Мышьяк	Мг\кг	3,9-4,0	3,2-3,85
Марганец	Мг\кг	422,7-484,2	411,5-480,6

Библиографический список

1. ГОСТ 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений».

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ	9
Медиокритский Е.Л., Колодзейчак А.Е. О концепции решения проблемы утилизации твёрдых бытовых отходов в Кузбассе	11
Сенкус В.В., Игнатъев С.М., Конакова Н.И. Организационная система управления переработки отходов потребления	14
Медиокритский Е. Л., Богурадский К. О концепции решения проблемы управления отходами в Польше.....	16
Михайлов В. Г., Баумгартэн М. И. Социо-эколого-экономические аспекты управления отходами производства и потребления Кузбасса	19
Гордеева А.Д., Бондарев А.А., Уйданов В.С. Управление отходами на ОАО «Кузнецкие ферросплавы»	25
Киселева Т. В., Михайлов В. Г. Об оценивании устойчивости эколого-экономической системы на примере образования отходов производства и потребления г. Кемерово	30
Волынкина Е.П., Протопопов Е.В. Управление отходами металлургического предприятия. анализ проблем и пути решения	35
Абсалямов Р.Р., Скорин В.П., Солдатенко С.В. Ориентиры и критерии экологической деятельности сегодня.....	44
Панов Б.П., Малков А.Л. Строительство мусороперерабатывающего завода – наиболее экологически и экономически обоснованное решение проблемы твердых бытовых отходов в г. Новокузнецке.....	47
Ханхунов Ю.М. Проблемы обращения с отходами производства и потребления на территории республики Бурятия	51
Шульгин Ю.Ф., Татарников Д.Г., Штайгер К.И., Лубяной Д.А. Влияние реконструкции ОАО «Завод «Универсал» на экологическую обстановку г. Новокузнецка.....	57

Страхов В.М., Лобанов В.В., Динельт В.М. Экологические аспекты технологии производства кокса в напольных печах.....	59
Юрьев А.Б., Долгополов В.П., Попов А.А., Ерошенко В.Ф., Чевалков А.В. Оценка эмиссии двуокси углерода производствами ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат».....	64
Мантрова Е.В., Лубяной Д.А., Новиков Н.И., Коллерова Т.Н., Требинская В.В. Оливка втулок для насосов жидкого кислорода из экономнолегированного чугуна, выплавленного из боя изложниц.....	71
Кокшаров Ю.М., Лубяной Д.А., Софрошенков А.Ф. Сижение выбросов в КПП за счёт оптимизации противофлокеной обработки исходя из начального содержания водорода	74
Огнёв А.М., Цымбал В.П. Математические модели гарнисажного охлаждения с утилизацией тепла	80
Коротков С.Г., Стерлигов В.В., Волынкина Е.П. Технологические аспекты сокращения вредных выбросов при производстве агломерата	85
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ.....	89
Журавлева Н.В. Органические загрязнители в отходах промышленных предприятий кемеровской области	91
Волынкина Е.П., Халаман Н.А., Егорова Л.Н. Изучение масштаба влияния свалок твердых бытовых отходов на загрязнение окружающей среды (на примере г. Новокузнецка)	96
Иваныкина О.В., Журавлева Н.В. Приоритетные органические загрязнители в промышленных отходах металлургического производства	102
Захаренков В.В., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Панайотти Е.А., Олещенко А.А. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферы промышленными отвалами	106
Истомина Т.В., Ханхунов Ю.М. Проблема определения класса опасности медицинских отходов.....	112

Панаиотти Е.А., Олещенко А.М., Голиков Р.А. Эколого-гигиеническая оценка отходов лечебно-профилактических учреждений города	116
Хатхеева Е.Ф., Ханхунов Ю.М. Вопросы нормирования и обращения с отходами на предприятиях железнодорожного транспорта	124
Азбукин А. А., Булдаков М. А., Занин В. В., Королев Б. В., Корольков В.А., Матросов И. И., Тихомиров А. А. Портативный газоанализатор ртути	129
Азбукин А.А., Булдаков М.А., Занин В.В., Королев Б.В., Корольков В.А., Матросов И.И., Тихомиров А.А. Стационарные газоанализаторы оксидов азота и серы	135
СБОР, ТРАНСПОРТИРОВКА, РАЗДЕЛЕНИЕ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ	143
Мокринский А.В., Лаврик А.Н., Протопопов Е.В., Шакиров К.М., Соколов В.В., Ганзер Л.А. Металлургические технологии переработки промышленных отходов..	145
Тулеев А.Г., Павленко С.И., Луханина Т.М. Техногенные «месторождения» минеральных ресурсов – перспективное сырье для многих отраслей промышленности.....	152
Черепанов К.А., Бебко А.Н., Темлянцев М.В., Терре А.А. Наукоемкие технологии и прогресс в области рециклинга отходов	157
Анашкин Н.С., Павленко С.И. Перспективные направления по переработке и использованию отходов производства на ООО «Сталь НК».....	161
Павлович Л.Б., Патрушев А.Н., Долгополов В.П., Пьянков Б.Ф., Калинина А.В., Алексеева Н.М. Рецикл техногенных отходов в коксохимическом производстве	164
Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Макаруч В.В. Синтетические легкоплавкие флюсы для черной металлургии на основе фторуглеродистых отходов производства алюминия	168
Волынкина Е.П., Атапина И.Г., Долгополов В.П. , Кудашкина С.А. Использование отходов от очистки городских сточных вод для рекультивации промышленных отвалов горнометаллургического региона	174
Волынкина Е.П., Гладких И.В. Золосферы Западно-Сибирской ТЭЦ – отход или уникальный материал?	181

Мокринский А.В., Лаврик А.Н., Волынкина Е.П., Протопопов Е.В., Соколов В.В., Долгополов В.П., Халаман Н.А., Использование сталеплавильных агрегатов для переработки горючих компонентов бытовых отходов.....	184
Величко А.В., Павлович Л.Б., Самигулина Л.А. Получение фталоцианиновых катализаторов с использованием отходов цеха фталевого ангидрида.....	190
Динельт В.М., Ливенец В.И. Утилизация пылевидных углеродсодержащих и кремнеземистых отходов.....	195
Лубяной Д.А., Новиков Н.И. Рациональное использование отходов и некондиционного сырья при производстве изделий из термостойкого чугуна	199
Бондарев А.А., Лубяной Д.А. Получение комплексных сплавов из отходов производства и некондиционных ферросплавов.....	205
Бондарев А.А., Гордеева А.Д. Проблемы утилизации кремнистых шламов на ОАО «Кузнецкие ферросплавы»	207
Луханин М.В., Павленко С.И. Концепция создания суперогнестойких композиционных материалов в сибирском регионе исключительно из вторичных минеральных ресурсов	212
Павленко С.И. Бесцементные композиционные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов	216
Луханин М.В., Павленко С.И., Аввакумов Е.Г. Механохимический синтез огнестойкой керамики из вторичных минеральных ресурсов	226
Полях О.А., Галевский Г.В. Практика и перспективы использования микрокремнезема в восстановительных процессах	229
Полях О.А., Галевский Г.В., Якушевич Н.Ф. Анализ условий образования и физико-химическая аттестация микрокремнезема.....	235

Ефанов М.В., Галочкин А.И. Разработка новых технологий производства органических и органоминеральных удобрений на основе древесных и сельскохозяйственных отходов	240
Кукурина О. С., Новиков В.Т. Технология окислительного обезвреживания смесей органических отходов, подлежащих уничтожению	245
Никитенко С.М. Экологический фактор экономической стабильности региона	250
Цымбал В.П., Мочалов С.П. Кожемяченко В.И, Рыбенко И.А., Красноперов С.Ю., Калашников С.Н. Падалко А.Г. Новый экологически безопасный металлургический процесс и агрегат на принципах самоорганизации и комплекс безотходных технологий.	253
Благодарумова А.М., Морозов В.А. Технология переработки осадка сточных вод с использованием вермикультуры	263

**УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ – ОСНОВА
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
РАВНОВЕСИЯ В КУЗБАССЕ**

*Сборник докладов первой
Международной научно-практической
конференции*

Под общей редакцией	Е.В. Протопопова
Технический редактор	Е.П. Волынкина
Компьютерная верстка	Е.Ф. Мелешук
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