

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента о диссертации инженера ЗОРЯ Вячеслава Николаевича «Исследование техногенных отходов чёрной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологии их переработки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов»

### **1. Актуальность темы диссертации**

Актуальность темы обусловлена накоплением огромного количества техногенных отходов на территории предприятий металлургического комплекса, которые включают образование отходов (лучше говорить об образовании вторичных ресурсов, а не отходов) при подготовке сырья, отходов (вторичных ресурсов), возникающих непосредственно в самом металлургическом цикле и в смежных производствах. Являясь источником загрязнения окружающей среды, объекты размещения отходов представляют собой перспективные техногенные месторождения ценных компонентов, из которых наибольшую значимость для чёрной металлургии представляет железо.

Примером техногенного образования чёрной металлургии является шламонакопитель Западно-Сибирского металлургического комбината (ЗСМК), на территории которого накоплено свыше 100 млн т отходов, включающих отходы обогащения и сжигания углей, шламы газоочисток металлургических цехов, а также конвертерный шлак. В связи с окончанием срока эксплуатации шламонакопитель переходит в категорию перспективных техногенных месторождений сырьевых материалов, имеющих ценность как для чёрной металлургии, так и для других отраслей. Для его практической разработки необходимы знания об особенностях форм нахождения в накопленных отходах ценных компонентов, прежде всего железа, их технологических свойств и методов извлечения.

### **2. Научная новизна диссертационной работы**

Научная новизна диссертационной работы заключается в выявлении гранулометрического, химического и минералогического состава отходов различного происхождения, находящихся в шламонакопителе ЗСМЗ, в раскрытии форм существования железа в отходах разного сорта, особенностей кристаллохимической структуры железосодержащих минералов и их фазовых превращений в процессах термической обработки.

Ионы железа в железосодержащих шламах газоочисток распределены между гематитом, магнетитом  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , вюститом  $\text{Fe}_{1-y}$  и металлическим железом  $\alpha\text{-Fe}$ , в золе от сжигания углей – между гематитом, магнетитом, сидеритом  $\text{FeCO}_3$  и железосодержащими силикатами, в отходах углеобогащения – между сидеритом и пиритом  $\text{FeS}_2$ . Выявлены различия кристаллической структуры магнетита в железосодержащих шламах и золе от сжигания углей, которая представлена ионами  $\text{Fe}^{3+}$  тетраэдрической позиции и ионами  $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$  октаэдрической позиции в различной степени нестехиометричности. В золе от сжигания углей железосодержащие минералы находятся внутри сферолитов из силикатного стекла, а в отходах углеобогащения – в срастании с углистыми частицами (аргиллитами, алевролитами).

Отходы, содержащиеся в шламонакопителе ЗСМК по минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, содержанию железа и примесей следует рассматривать в качестве техногенного месторождения, прежде всего, железорудного сырья для чёрной металлургии.

### **3. Практическая значимость работы**

Практическая значимость работы заключается в количественной оценке запасов железа и его соединений в шламонакопителе-техногенном месторождении ЗСМК. Полученные сведения об особенностях фазового состава железосодержащих минералов и фазовых превращениях железа в процессе термической обработки позволяют сделать обоснованный выбор оптимальных способов и технологических режимов извлечения железа из накопленных отходов разного происхождения методами магнитной сепарации. Для усиления магнитных свойств железосодержащих минералов отходов углеобогащения целесообразно использовать магнетизирующий обжиг. Предложенные технологии переработки отходов позволят переработать шлаконакопитель ЗСМК в течение 25 лет и получить свыше 30 млн т техногенного железоконцентрата со средним содержанием железа 61 %, более 6 млн т металлоконцентрата из укладываемых в дамбу конвертерных шлаков с содержанием железа от 56 до 90 %, а также около 70 млн т щебня и песка для дорожного и гражданского строительства, который может быть использован также для технической рекультивации территории шламонакопителя по мере его разработки.

Полученные научные результаты внедрены в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк, на предприятии по переработке отходов металлургического производства ООО «Технология рециклинга», г. Новокузнецк, в ООО «Бердский кирпичный завод», г. Бердск, в учебном

процессе ФГБОУ ВПО «СибГИУ». Полученные результаты могут быть также использованы при разработке технологий извлечения железа из идентичных видов отходов металлургических предприятий, предприятий углеобогащения и теплоэнергетики.

#### **4. Достоверность результатов работы**

Достоверность результатов работы не подлежит сомнению. При проведении исследования соискатель использовал современные стандартные методы химического анализа, рентгеновской флуоресцентной спектроскопии, рентгенофазового анализа, мессбауэровской спектроскопии, синхронного термического анализа, оптической микроскопии для раскрытия структуры и свойств присутствия железа в металлической и ионной форме в отходах различного происхождения. Произведено сравнение полученных результатов с использованием различных методов. Исследования процессов магнитной сепарации отходов выполнены на электронном валковом анализаторе 138Т-СЭМ для сухого обогащения и трубчатом электромагнитном анализаторе для мокрого магнитного анализа производства ОАО «НПК «Механобр-Техника». Достоверность результатов исследования подтверждается успешным промышленным внедрением результатов теоретических и экспериментальных исследований. Текст диссертации и автореферат проверены с помощью программы «Антиплагиат».

#### **5. Ценность диссертации для науки и практики**

В целом соискатель провёл большую работу по исследованию техногенных отходов, находящихся в шламонакопителе ОАО ЗСМК. Для науки ценным является выявление гранулометрического, химического и минералогического состава отходов различного происхождения, находящихся в шламонакопителе ЗСМЗ, в раскрытии форм существования железа в отходах разного сорта, особенностей кристаллохимической структуры железосодержащих минералов и их фазовых превращений в процессах термической обработки.

Детальное изучение форм присутствия железа в отходах, размещённых в шлаконакопителе ЗСМЗ, а также фазовых превращений в железосодержащих минералах в процессах термической обработки легло в основу разработки методов извлечения железа в оксидной форме в железоконцентрат с содержанием железа 61 % и извлечения металлического железа в металлоконтрат с содержанием железа 56-90 %, а также

получения щебня и песка для дорожного и гражданского строительства и рекультивации разрабатываемой территории.

## **6. Оценка содержания диссертации**

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы, включающего 114 наименований и 18 приложений. Диссертация изложена на 207 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 29 таблиц.

Основное содержание диссертации изложено в одной монографии, в 6 ваковских публикациях, одной зарубежной публикации, 7 публикациях в отраслевых изданиях. По работе получен один патент Российской Федерации.

Диссертационная работа соискателя Зори Вячеслава Николаевича написана технически грамотным языком, аккуратно оформлена. Автореферат и публикации отражают основное содержание диссертации.

## **7. По диссертационной работе можно сделать ряд замечаний**

1. В диссертации выполнен большой объём исследований и математических обработок. Остался неясным личный вклад соискателя в представленное исследование. Если судить по публикациям, то можно заметить, что все они подписаны группой авторов, и фамилия соискателя не всегда стоит на первом месте, а в полученном патенте – на последнем месте. Патент касается смеси для изготовления стеновых керамических изделий.

2. В диссертации рассматривается актуальный вопрос переработки техногенных вторичных ресурсов металлургических предприятий. Однако соискатель не сделал ни одного доклада на крупных металлургических конференциях, таких как регулярные Конгрессы сталеплавильщиков, последний из которых (тринадцатый) прошёл в октябре 2014 г. в г. Полевской Свердловской области. Оппонент как один из организаторов приглашает соискателя на очередной четырнадцатый Конгресс сталеплавильщиков, который пройдёт в г. Электросталь Московской области в октябре 2016 г.

3. В научной новизне пунктом 1 заявлено, что методом мессбауерской спектроскопии **впервые** (подчёркнуто нами) получены оценки параметров сверхтонкой структуры ядер  $^{57}\text{Fe}$  в железосодержащих отходах. Однако в тексте диссертации (см. раздел 3.2.7. «Исследование фазового состава отходов методом мессбауерской спектроскопии» и приложение Е) этот феномен не рассматривается и не трактуется как первичное открытие с

далеко идущими последствиями. Только в табл. 3.7 имеется колонка «Магнитные поля на ядрах Fe<sup>57</sup>».

В целом сделанные замечания не снижают научного уровня и практической значимости диссертационной работы.

## 8. Заключение

Диссертация Зори Вячеслава Николаевича представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для металлургической отрасли и охраны окружающей среды, а именно разработка способов переработки техногенных вторичных ресурсов металлургических предприятий. Её автор, инженер Зоря Вячеслав Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов».

Официальный оппонент

заслуженный деятель науки Российской Федерации,

доктор технических наук, профессор

Г.Н. Еланский

Профессор кафедры технологии и оборудования металлургических процессов Московского государственного машиностроительного университета-МАМИ.

Подпись Г.Н. Еланского заверено:  
Зам. Н-ка УК СВ. Уверено  
26.05.15



27.05.2015г.

Ф 212.132.02

Медв

## Приложение к отзыву Г.Н. Еланского

Еланский Геннадий Николаевич – заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук по специальности 05.16.02 – металлургия черных металлов, профессор по кафедре металлургии стали, профессор кафедры технологии и оборудования металлургических процессов Московского государственного машиностроительного университета – МАМИ.

Почтовый адрес: 117209, Москва, ул. Болотниковская, д.38, корп. 2, кв. 31

Телефон: +7-916-3602235

E-mail: elanskiy37@mail.ru

### Список основных публикаций Г.Н. Еланского за 2010-2015 гг., близких по теме к диссертации В.Н. Зори:

1	Совершенствование и модернизация сталеплавильного производства (коллективная монография)	МГВМИ, 2011	238 с.	В.А. Кудрин, Г.Н. Еланский, Б.В. Линчевский и др.
2	Сталь и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Учебное пособие для вузов. Гриф УМО.	МГВМИ, 2012	196 с.	Г.Н. Еланский
3	Сталь и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. 1. Железо. Подготовка сырых материалов	Технология металлов. 2010, № 7, С. 2-6	5 с.	Г.Н. Еланский
4	Сталь и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. 2. Железо. Восстановительные процессы	Технология металлов. 2010, № 7, С. 2-7	6 с.	Г.Н. Еланский
5	Сталь и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. 3. Железо. Окислительные процессы	Технология металлов. 2010, № 7, С. 2-9	8 с.	Г.Н. Еланский
6	Двенадцатый Конгресс	Сталь, 2013 г., № 1, с. 18-	5 с.	Г.Н.

	сталеплавильщиков России. Пленарное заседание	22		Еланский
7	Инновационные решения при создании новых металлургических заводов и цехов в мире	Труды XII Конгресса сталеплавильщиков.М., Металлургиздат. 2013, с.44-49	5 с.	Д.Г. Еланский, Г.Н. Еланский
8	Сталь: ответ требованиям времени. Обзор пленарных докладов на XIII Международном конгрессе сталеплавильщиков	Чёрные металлы, 2014, № 12, с. 18-22	5 с.	Г.Н. Еланский
9	XIII Международный конгресс сталеплавильщиков. Пленарное заседание	Сталь. № 12. 2014 г., с. 15-24.	10 с.	Г.Н. Еланский
10	О работе XIII Международного конгресса сталеплавильщиков. Краткий обзор докладов на пленарном заседании	Электрометаллургия, 2015, № 3, с. 20-31	12 с.	Г.Н. Еланский

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры технологии и оборудования металлургических процессов Московского государственного машиностроительного университета – МАМИ  
Г.Н. Еланский

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

на диссертационную работу Зори В.Н. «Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

Переработка накопленных отходов металлургических предприятий с получением техногенного железорудного сырья представляет интерес и с экономической, и с экологической точки зрения, поэтому работа Зори В.Н., направленная на изучение свойств и разработку технологий переработки отходов, образующихся на предприятиях чёрной металлургии полного цикла, представляет несомненную ценность и является актуальной.

Огромные объёмы накопленных отходов металлургического комплекса, необходимость снижения затрат на производство металлопроката в связи со снижением цен на мировом рынке, снижение запасов богатых железных руд и рост затрат на обогащение и, следовательно, стоимости железорудных концентратов – это только некоторые грани комплексной научно-технической проблемы, изучению которой и посвящена представленная работа.

Автором собраны и тщательно проанализированы данные о количестве накопленных отходов чёрной металлургии на территории России в целом и в различных металлургических регионах – Центральном, Уральском, Сибирском, а также приведены данные по Украине и Казахстану (глава 1). Показано, что частичная утилизация отвального комплекса при использовании в качестве строительных материалов и при производстве цемента (доменные шлаки и др.) производится в сравнительно небольшом объёме и далека от реального потенциала комплексного использования этих техногенных объектов. Безусловно, при организации переработки отходов чёрной металлургии необходимо, прежде всего, оценить возможность извлечения из них железа и его возврата в металлургический передел.

Автор относит объекты размещения отходов металлургического комплекса к техногенным месторождениям и правильно отмечает, что к настоящему времени, несмотря на острую необходимость их вовлечения в разработку, отсутствует методология их исследования в отличие от природных месторождений полезных ископаемых. Развитие таких основополагающих методологических подходов особенно важно, так как каждый отвал или шламоотстойник имеет свою специфику.

Подробное исследование шламонакопителя ЗСМК, выполненное автором (глава 2), показало возможности организации последующей переработки накопленных отходов как более эффективной альтернативы закрытия объекта с последующей рекультивацией.

Выполненная автором оценка запасов железа в составе накопленных отходов (18 млн.т) впечатляет, это может на несколько лет обеспечить железорудным сырьем аглофабрику крупного металлургического предприятия. При этом для ЗСМК техногенные железоконцентраты имеют довольно высокую экономическую привлекательность из-за низких затрат на их транспортировку.

Необходимо отметить, что в отличие от металлургических отходов текущего производства (шлаки, шламы) накопленные отходы изучены в значительно меньшей степени, а комплексное исследование объекта размещения отходов (шламонакопитель ЗСМК) с разработкой технологии его переработки выполнено автором впервые.

**Научная новизна работы** состоит в том, что в результате проведенного глубокого исследования отходов с использованием широкого комплекса современных инструментальных методов – от рентгенофазового и оптического до термического и мессбауэровского – автору удалось получить целый ряд неизвестных науке данных об особенностях железосодержащих минералов в составе каждого отхода и их кристаллической структуре. В частности, установлено распределение ионов железа различной валентности между содержащимися в каждом отходе минералами, включая гематит, вюстит, магнетит, металлическое железо, сидерит, пирит и др. Обнаружены различия в

кристаллической структуре магнетита в составе металлургических шламов и золы от сжигания углей, которая представлена ионами  $Fe^{3+}$  тетраэдрической позиции и ионами  $Fe^{2+}+Fe^{3+}$  октаэдрической позиции в различной степени нестехиометрии. Установлено, в какой форме железосодержащие минералы находятся в шламах, каким образом связаны с другими, содержащимися в отходах, минералами.

**Практическую значимость работы** доказывает разработанная автором комплексная технологическая схема переработки разных видов отходов, накопленных в теле шламонакопителя ЗСМК. В основу разработанных технологий обогащения положен метод магнитной сепарации, однако технологическая схема для каждого вида отхода имеет свои, обоснованные автором особенности. Безусловно, большую ценность для производителей представляют результаты по получению техногенного железоконцентрата из отходов переработки углей, которые могут быть широко использованы в технологических схемах переработки отходов углеобогатительных фабрик и угольных теплоэлектростанций.

Кроме того, автором оптимизирована технологическая схема переработки конвертерного шлака с учетом выявленных особенностей форм нахождения в нем железа и представлена технология получения строительного кирпича из шихты, содержащей отходы обогащения угля и железосодержащие шламы.

Разработанные технологии прошли промышленную апробацию, полученные научные результаты внедрены в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», ООО «Технологии рециклинга», ООО «Бердский кирпичный завод», о чем имеются соответствующие акты.

**Достоверность результатов работы** не вызывает сомнения, так как она подтверждена различными современными методами исследований: мессбауэровская спектроскопия, рентгенофазовый и синхронный термический анализы, оптическая микроскопия, химический и спектральный анализы, многочисленные лабораторные эксперименты с использованием методов обработки экспериментальных данных и математического планирования.

Диссертационная работа содержит значительный объём экспериментальных данных, при анализе которых автор постоянно обращается к результатам проведенных аналитических и инструментальных исследований, проверяя достоверность и обоснованность полученных результатов и сделанных выводов.

Диссертационная работа Зори В.Н. написана технически грамотным языком и содержит необходимые элементы научной новизны и практической значимости, необходимые для кандидатских диссертаций.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В аналитическом обзоре автор правильно отмечает, что основной целью обогащения отходов металлургического производства является извлечение содержащегося в них железа, а для отходов обогащения и переработки углей – еще и углерода. Однако, в исследованиях этому вопросу не было уделено внимание и в работе возможность извлечения углерода не рассмотрена.

2. Автором исследованы только магнитные способы обогащения отходов с целью извлечения железа, в то же время не изучены широко используемые при обогащении железных руд гравитационные методы, которые, возможно, могли бы обеспечить также извлечение углерода из отходов переработки углей. Разработанная магнитная схема обогащения, возможно, могла бы быть дополнена гравитационной схемой.

3. Автор делает вывод о том, что все виды закисляемых в шламонакопителе ЗСМК отходов представляют интерес для переработки с точки зрения извлечения железа. Но разное содержание железа, разные формы и минералогический состав его соединений влекут за собой разные затраты на обогащение. Поэтому отсутствие критерия оценки экономичности оставляет открытым вопрос целесообразности его извлечения.

4. В то время как выполненные автором исследования зол и отходов углеобогащения с точки зрения извлечения железа являются пионерскими, конвертерные шлаки достаточно хорошо изучены, технологические схемы их переработки разработаны, а переработка неплохо организована на большинстве

металлургических предприятий России. Не достаточно чётко в выводах сформулировано, что нового внес автор своими исследованиями в этом направлении.

5. Автором изучены отходы с намытых пляжей шламонакопителя и непонятно, могут ли быть перенесены полученные результаты на ту часть шламонакопителя, которая в настоящее время обводнена.

6. В целом диссертационная работа несколько перегружена. Здесь и исследования шламов, зол, отходов углеобогащения, и конвертерных шлаков, и разработка технологий их обогащения, и технология производства из отходов обогащения строительного кирпича. Каждое из этих направлений могло бы стать темой отдельного диссертационного исследования.

7. В работе приведены две схемы шламонакопителя ЗСМК – на рис. 1.2 и 2.3, на которых различается расположение пикетов, в том числе тех, в районе которых отбирались пробы для исследований. Возникает вопрос в правильности идентификации источников отходов.

Указанные замечания не снижают научного уровня и практической значимости диссертационной работы. Диссертационная работа Зори В.Н. является законченным научным исследованием, квалификационной работой высокого качества, отвечающей требованиям ВАК.

Автореферат и публикации по теме диссертации отражают основное содержание диссертации, её автор Зоря Вячеслава Николаевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов».

Менеджер по исследованию сырья  
Коксоаглодоменного производства  
Череповецкого металлургического  
комбината ПАО «Северсталь»,  
кандидат технических наук

Подпись Детковой Т.В. удостоверяю

РУКОВОДИТЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ  
ПО ВЗАИМ-Ю С ПЕРСОНАЛОМ  
Т 531236



Деткова Т.В.

С. Е. Стефанова

## Приложение к отзыву Т.В. Детковой

Деткова Татьяна Викторовна – кандидат технических наук по специальности 05.16.02 «Металлургия чёрных металлов» (Московский институт стали и сплавов, 1993 год).

Основное место работы и должность на момент написания отзыва: Череповецкий металлургический комбинат ПАО «Северсталь», менеджер по исследованию сырья коксоаглодоменного производства.

Почтовый адрес: 162608, г. Череповец Вологодской обл., ул. Мира, 30

Телефон: (8202)56-50-72; +79212527296

Факс: (8202)53-33-52

E-mail: [tvdetkova@seversral.com](mailto:tvdetkova@seversral.com)

### Список основных публикаций Т.В. Детковой за 2010-2014 гг., близких по теме к диссертации В.Н. Зори:

1. Деткова Т.В., Табаков М.С., Гуркин М.А. Исследование металлургических свойств агломератов при использовании в шихте вторичного сырья// Новые тенденции и проблемы экологии и рационального использования вторичных ресурсов. Тезисы докладов ежегодной международной тематической конференции: Москва. 16-17 ноября 2006. С.15-17
2. Деткова Т.В., Малышева Т.Я., Горшколепова А.В. Влияние основности на эволюцию силикатных связей и прочностные свойства агломератов// Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. - № 3. – с. 66-67.
3. Деткова Т.В., Малышева Т.Я., Павлов Р.М. Исследование агломератов Череповецкого металлургического комбината ОАО «Северсталь» в интервале основности 1.0 - 3,0// Известия вузов. Черная металлургия. – 2013. - № 7. – с. 3-8.
4. Деткова Т.В., Большаков В.И., Нестеров А.С., Гуркин М.А., Кучин В.Ю. Рациональное использование металлургических отходов в аглодоменном производстве// Сталь. - 2010.- №4. - С.19-23.
5. Деткова Т.В., Малышева Т.Я., Логинов И.В., Горшколепова А.В. Фазовый состав и структурные особенности промышленного агломерата Череповецкого металлургического комбината ОАО "Северсталь" // Металлург. - 2010.- №5. - С.38-42.

6. Деткова Т.В., Веселова С.Е. Влияние технологических режимов производства агломерата на его прочностные свойства при восстановлении// Материалы междунар. науч. семинара (11 декабря 2013 г.): «Научно-технический прогресс в металлургии – 2013». – Череповец: ЧГУ, 2014. – с. 18-24.

Менеджер по исследованию сырья  
Коксоаглодоменного производства  
Череповецкого металлургического  
комбината ПАО «Северсталь»,  
кандидат технических наук



Деткова Т.В.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени Т.Ф.ГОРБАЧЕВА»  
(КузГТУ)

Весенняя ул., д. 28, г. Кемерово, 650000

тел.: (384-2) 58-30-14

тел./ факс: (384-2) 39-69-60

<http://www.kuzstu.ru> e-mail: [kuzstu@kuzstu.ru](mailto:kuzstu@kuzstu.ru)

ОКПО 02068338 ОГРН 1024200708069

ИНН / КПП 4207012578 / 420501001

№ \_\_\_\_\_  
от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ:**

Ректор ФГБОУ ВПО «Кузбасский

государственный технический

университет имени Т.Ф. Горбачёва»

В.А. Ковалёв

2015 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе

**ЗОРИ ВЯЧЕСЛАВА НИКОЛАЕВИЧА**

«Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 «Металлургия техногенных и вторичных ресурсов»

Проблема переработки отходов и ликвидации их накоплений является актуальной для всех российских регионов, имея особую остроту в регионах с развитой горнодобывающей и металлургической промышленностью, к которым, в частности, относится Кемеровская область. В черной металлургии металлургический комплекс включает добычу и обогащение железорудного сырья и топлива, непосредственно металлургический передел, а также производство энергии для технологических процессов. Это обуславливает образование и накопление широкого спектра отходов – от породы от обогащения и золы от сжигания углей до металлургических

шлаков и шламов. Направления их утилизации могут быть различными, однако первоочередное значение имеет рассмотрение возможности извлечения из отходов наиболее ценных для черной металлургии компонентов, прежде всего, железа. Получение дополнительных объемов железорудного концентрата за счет переработки техногенных отходов имеет особое значение для черной металлургии в связи с истощением запасов природного железорудного сырья.

Поэтому диссертационная работа Зори В.Н., посвященная исследованию возможности получения техногенных железосодержащих концентратов для черной металлургии и техногенного сырья для других отраслей промышленности из накопленных отходов металлургического комплекса, является актуальной и своевременной.

#### Значимость полученных результатов для науки и производства

Отличительной особенностью и новизной проведенных исследований является расширение и углубление научных знаний о составе и кристаллохимической структуре железосодержащих минералов в составе техногенных отходов широкого спектра, включая отходы от обогащения и сжигания углей, шламы газоочисток металлургических производств. Использование комплекса современных методов исследований позволило автору проникнуть вглубь элементарных составляющих техногенных веществ различной природы, образующихся в качестве отходов в механических (обогащение углей) и термических (сжигание углей, выплавка чугуна и стали) процессах переработки природного сырья.

С использованием метода мессбауэровской спектроскопии впервые получены оценки параметров сверхтонкой структуры ядер  $^{57}\text{Fe}$  в железосодержащих шламах газоочистки, золе от сжигания углей и отходах углеобогащения и установлены особенности кристаллической структуры железосодержащих минералов. Благодаря комплексу использованных методов, включая методы химического, рентгенофазового и синхронного

термического анализом, оптической и мессбауэровской спектроскопии выявлено распределение форм железа различной валентности в исследованных отходах, различия в кристаллической структуре магнетита в железосодержащих шлаках и золе от сжигания углей, особенности железосодержащих минералов в отходах переработки углей, которые в золе от сжигания углей находятся внутри сферолитов из силикатного стекла, а в отходах углеобогащения – в сростании с углистыми частицами.

Полученные научные знания позволили сформировать более точные представления о формах нахождения железа в техногенных отходах различного происхождения и обосновать оптимальные методы их извлечения, эффективность которых затем была полностью подтверждена экспериментальными данными по обогащению отходов.

В диссертационной работе впервые предложено унифицированное технологическое решение для переработки техногенного месторождения с кардинально различающимися по количественному и качественному содержанию основного извлекаемого компонента – железа. Необходимо отметить, что, автором впервые исследована возможность получения железоконцентрата из отходов переработки углей, что имеет особое значение в связи с их огромными запасами и широким распространением.

Практическая ценность работы заключается в оценке запасов железа на территории формирующегося техногенного месторождения, разработке технологических схем и режимов переработки техногенных отходов металлургического комплекса с получением техногенного железорудного концентрата, побочных продуктов в виде щебня и песка, а также керамического кирпича.

Реализация разработанных технологий позволит переработать шламонакопитель ЗСМК в течение 25 лет и получить свыше 30 млн.т техногенного железоконцентрата со средним содержанием железа 61%, более 6 млн.т металлоконцентрата из укладываемых в дамбу конвертерных шлаков

с содержанием железа от 56 до 90%, а также около 70 млн. т щебня и песка, который может быть использован также для технической рекультивации территории шламонакопителя.

#### Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы частично уже внедрены в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», на отходоперерабатывающем предприятии ООО «Технологии рециклинга», в ООО «Бердский кирпичный завод», в учебном процессе ФГБОУ ВПО «СибГИУ».

Разработанная автором технология комплексной переработки отходов, накопленных в теле шламонакопителя ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», с получением высококачественного железоконцентрата, безусловно, представляет большой практический интерес для инвесторов и рекомендуется к внедрению. Технологическая схема разработки шламонакопителя, предусматривающая выемку отходов с территории намывных пляжей, позволяет организовать переработку накопленных в шламонакопителе отходов уже в настоящее время, не дожидаясь его закрытия.

Технологические схемы и режимы получения техногенного железоконцентрата из отходов ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», предложенные автором, могут быть также использованы при разработке технологий извлечения железа из идентичных видов отходов других металлургических предприятий, например, Череповецкого металлургического комбината ПАО «Северсталь», ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский металлургический комбинат», а также предприятий углеобогащения и теплоэнергетики.

Полученные в диссертационной работе научные результаты исследований рекомендуется использовать в учебном процессе вузов при подготовке и переподготовке специалистов в области металлургии и экологии, например в НИТУ МИСИС, ФГБОУ ВПО «Кузбасский

государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Сибирский Федеральный университет и др.

Научные результаты работы рекомендуются к использованию в научно-исследовательских, научно-производственных и проектных учреждениях, занимающихся исследованиями и проектированием в области ресурсосбережения и экологии металлургического производства, комплексного использования минерального сырья и техногенных отходов, а именно в ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Институте металлургии Уральского отделения РАН, НПВП «ТОРЭКС» (г. Екатеринбург), ОАО «ВНИИМТ», ОАО «Уралмеханобр».

#### Замечания по диссертационной работе

1. По результатам химических анализов в исследуемых отходах содержится углерод, при этом в отходах углеобогащения его найдено достаточно высокое количество - от 13,4 до 28,3%. Углерод наряду с железом также представляет интерес для извлечения, но в работе этот вопрос не рассматривался, а также не изучено распределение углерода в продуктах переработки отходов.

2. Не рассмотрена возможная ценность золошлаковых отходов с точки зрения других ценных компонентов, например редкоземельных, германия и др.

3. В работе исследованы только магнитные методы обогащения отходов с целью получения железосодержащего концентрата и не рассмотрены другие способы, например гравитационные, флотация, химические методы.

4. Значительный объем проведенных экспериментов и широкий спектр исследованных отходов, а также законченность каждого направления

исследований разработанной технологией относятся к достоинствам работы. Однако большой объем представленных материалов перегружает работу и затрудняет ее целостное восприятие.

Указанные замечания не имеют принципиального характера и не снижают ценности проведенного исследования. Диссертационная работа Зори В.Н. отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: она актуальна, содержит новые научные результаты, основные ее положения вполне обоснованы, опубликованы в центральной печати и имеют широкие перспективы для развития и внедрения не только в металлургической, но в других отраслях промышленности. Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

#### Заключение

Диссертационная работа Зори В.Н. «Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки» является законченным исследованием, в котором выполнены научно-технические и технологические разработки, обеспечивающие решение важной народно-хозяйственной задачи в области использования техногенных отходов металлургического комплекса, включая отходы от обогащения и сжигания углей, для производства техногенных железосодержащих концентратов для черной металлургии и техногенного сырья для других отраслей промышленности. Обоснованность научных положений и основных выводов диссертационной работы не вызывает сомнений. Практическая эффективность от внедрения результатов работы подтверждена технико-экономическими расчетами, актами внедрения и проведения опытно-заводских испытаний. Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанных технологических решений в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» составляет 742 млн.руб. за счет переработки накопленных в

шламонакопителе техногенных отходов и 155,9 млн.руб. в год от переработки конвертерного шлака.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Зоря В.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – Metallургия техногенных и вторичных ресурсов.

Основные результаты работы доложены и обсуждены на заседании кафедры углехимии, пластмасс и инженерной защиты окружающей среды ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», протокол № 5 от «15» мая 2015г.

Заведующий кафедрой углехимии,  
пластмасс и инженерной защиты  
окружающей среды, чл.-корр. РАН  
доктор химических наук, профессор



З.Р. Исмагилов

Зинфер Ришатович Исмагилов  
заведующий кафедрой углехимии, пластмасс и  
инженерной защиты окружающей среды, д.х.н.  
650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, 17, корпус 5.  
Телефон: +7(3842) 39-69-38  
e-mail: IsmagilovZR@iccms,sbras.ru

Профессор кафедры углехимии,  
пластмасс и инженерной защиты  
окружающей среды,  
доктор технических наук, доцент



Т.Н. Теряева

Татьяна Николаевна Теряева  
профессор кафедры углехимии, пластмасс и  
инженерной защиты окружающей среды, д.т.н.  
650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, 17, корпус 5.  
Телефон: +7(3842) 39-69-38  
e-mail: [tnt.tppm@kuzstu.ru](mailto:tnt.tppm@kuzstu.ru)

Учёный секретарь кафедры углехимии  
пластмасс и инженерной защиты  
окружающей среды,  
кандидат химических наук, доцент



Л.Г. Сивакова

Лариса Григорьевна Сивакова  
доцент кафедры углехимии, пластмасс и  
инженерной защиты окружающей среды, к.х.н.  
650000, г. Кемерово, ул. 50 лет Октября, 17, корпус 5.  
Телефон: +7(3842) 39-69-38  
e-mail: [slg.tpp@ruzstu.ru](mailto:slg.tpp@ruzstu.ru)

## Сведения о ведущей организации

по диссертации Зори Вячеслава Николаевича на тему «Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.07 – Металлургия техногенных и вторичных ресурсов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» (КузГТУ)

650000, Российская Федерация,

г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

телефон: +7-3842-39-69-60

факс: +7-3842-58-33-80

официальный веб-сайт: <http://www.kuzstu.ru/>

e-mail: [kuzstu@kuzstu.ru](mailto:kuzstu@kuzstu.ru)

Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет

1. Галанина, Т.В., Овсянникова С.В. // Экологическая обстановка в угледобывающей отрасли Кузбасса: проблемы и пути решения // Горный информационно-аналитический бюллетень 2012. № 3. С. 187-194.
2. Журавлева Н.В., Иваныкина О.В., Исмагилов З.Р. // Изучение распределения токсичных элементов в золошлаковых отходах предприятий топливно-энергетического комплекса Кемеровской области // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 5. С. 479-486
3. Исмагилов З.Р., Хайрулин С.Р., Градюшко С.Б., Илюхин И.В. // Пилотные испытания низкотемпературного каталитического процесса восстановления диоксида серы на реальных газах УПЭС СЦ Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» // Цветные металлы. 2013. № 6. С.89-93.
4. Исмагилов З.Р., Хайрулин С.Р., Кузнецов В.В., Батуев Р.А., Теряева Т.Н., Трясунов Б.Г., Гарифуллин Р.Г., Филимонов С.Н., Сальников А.В. // Методы очистки коксового газа от сероводорода. Сорбционные процессы утилизации H<sub>2</sub>S (обзор). часть 1 // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология" 2014. № 3 (143). С. 60 – 80.

