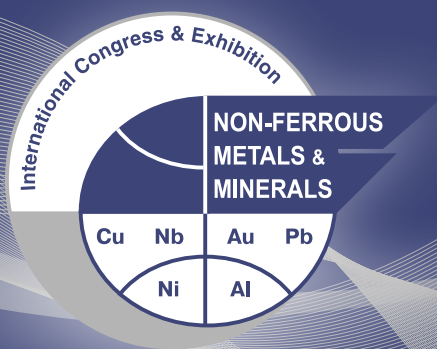


Сборник докладов

одинадцатого международного конгресса

Председатели Оргкомитета Конгресса:
акад. РАН, проф., д.т.н. А.И. Холькин
проф., д.х.н. П.В. Поляков
проф., д.г.-м.н. В.А. Макаров

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И МИНЕРАЛЫ



Krasnoyarsk
Russia

2019

Book of papers

of the eleventh international congress

Congress Organizing Committee Chairmen:
Anatoliy I. Kholkin
Peter V. Polyakov
Vladimir A. Makarov

NON-FERROUS METALS & MINERALS

ЮРИЮ ВАСИЛЬЕВИЧУ ГОРОХОВУ

70 лет

16 сентября 2019 г. исполняется 70 лет Горохову Юрию Васильевичу, который после окончания в 1973 г. Красноярского института цветных металлов (ныне институт цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»), работал на кафедре «Обработка металлов давлением» в должности младшего научного сотрудника, а с 1978 года ассистентом этой кафедры. В 1986 г. защитил кандидатскую, а в 2013 году докторскую диссертацию на тему «Разработка научных основ для промышленного освоения процессов непрерывного прессования металлов способом Конформ». В настоящее время Горохов Ю.В. профессором кафедры обработки металлов давлением института цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Горохов Ю.В. проводит значительную по объему учебно-методическую работу по приоритетным направлениям развития Красноярского края и университета для обеспечения нового качества образования и подготовки кадров для предприятий города и края. При его непосредственном участии было подготовлено более 400 специалистов для таких предприятий как Красноярский завод цветных металлов, Красноярский машиностроительный завод, Красноярский металлургический завод, Литейно-прессовый завод «СЕГАЛ» и др. В 2017 году под его руководством открыта магистерская программа 22.04.02.11 «Современные технологии и оборудование кузнечно-штамповочного производства» по направлению «Металлургия».

Горохов Ю.В. – соавтор более 200 публикаций, в том числе трех монографий, одного учебника, 5 учебно-методических пособий и 43 изобретений. Суммарное число цитирований РИНЦ составляет 292, Индекс Хирша – 6. В библиографической базе SCOPUS за последние 5 лет опубликовано 15 статей, на международные и федеральные конференции, конгрессы представлен 21 научный доклад.

Горохов Ю.В. активно участвует в работе с рядом предприятий Красноярска края в научно-исследовательской области, такими как Красноярский завод цветных металлов, Красноярский металлургический завод, Красноярский литейно-прессовый завод «СЕГАЛ», ООО «РУСАЛ ИТЦ» (г. Красноярск), ООО «Информационные спутниковые системы» г. Железногорск.

В 2014 г. Горохов Ю.В. введен в состав Диссертационного Совета по защите кандидатских и докторских диссертации Д 212.099.10 и выполняет большой объем работы в процессе подготовки и защит диссертаций. С 2018 года является членом экспертного совета ВАК РФ по металлургии и материаловедению.

За заслуги в области образования и многолетнюю научно-педагогическую деятельность Горохов Ю.В. награжден Почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации, знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» (Приказ Минобрнауки №1008/к-н от 3 сентября 2010 года). За достигнутые успехи в развитии народного хозяйства СССР награжден Главным комитетом ВДНХ СССР бронзовой (удостоверение № 182113, постановление от 15/4-87 г. № 296-Н) и серебряной (удостоверение № 19151, постановление от 18/7-88 г. № 524-Н) медалями. В 1982 году стал лауреатом премии комсомола Красноярского края.

Стаж научно-педагогической работы Горохова Ю.В. составляет более 40 лет, ему присвоено почетное звание «Ветеран ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», он также является ветераном труда федерального значения.

ЯНКО ЭДУАРДУ АФАНАСЬЕВИЧУ 80 ЛЕТ

13 февраля 2019 г. исполняется 80 лет Почетному металлургу РФ, доктору технических наук, профессору, Советнику ОК «РУСАЛ» Янко Эдуарду Афанасьевичу.

Э.А. Янко родился 13.02. 1939 г. в г. Иркутске. В 1961 г., после окончания Иркутского политехнического института, начал работу в качестве производственного мастера цеха электролиза алюминия на Иркутском алюминиевом заводе. С 1966 по 1975 гг. работал мастером, старшим мастером и начальником опытно-промышленного цеха на этом же заводе, в 1969 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. С 1975 г. возглавлял отраслевую лабораторию производства анодной массы в Иркутском филиале института ВАМИ, а в 1985 Эдуард Афанасьевич был переведен на должность заведующего лабораторией электродных материалов головного института ВАМИ. В 1987 году защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук.

В последующем Янко Э.А. с 1990 года занимал должность заведующего алюминиевым отделом научной части ВАМИ, главного инженера научной части ВАМИ и заместителя Генерального Директора ВАМИ по научной работе, участвовал в работе специализированного диссертационного совета ВАМИ.

Имя Э.А. Янко хорошо известно в отечественной и зарубежной науке и практике производства алюминия. Он является автором исследовательских работ по теплопередаче в алюминиевом электролизере, теории и практики процессов, происходящих при производстве и эксплуатации самообжигающихся и обожженных анодов. Большой вклад внес Эдуард Афанасьевич в создание теории и внедрение в производство технологии сухого анода. Он принимал активное участие в проектировании, строительстве и пуско-наладочных работ крупнейших производственных комплексов на Красноярском, Братском, Таджикском, Саянском, Волгоградском заводах. Э.А. Янко автор более 100 научно-технических работ и патентов и 5 монографий по теории и практике технологии анодов. Книги по тематике анодного производства и электролиза алюминия составили фундаментальную основу изданий по алюминиевому и электродному производствам. Эти издания широко применяются в качестве образовательного курса обучения специалистов отрасли, ВУЗов и техникумов.

Работая в качестве Советника технической дирекции, он проявляет качества принципиального и знающего специалиста в своей области, эксперта в области технического развития производства анодов на предприятиях РУСАЛа. Деятельность Э.А. Янко хорошо известна на предприятиях Компании, он является постоянным участником Конгресса по цветным металлам и др. конференций и симпозиумов, пользуется большим авторитетом среди отечественных и зарубежных специалистов. Он также выступает в качестве постоянного участника и преподавателя курсов повышения квалификации руководителей электродных производств РУСАЛа.

Ваши пожелания юбиляру Вы можете направить в группу Советников или на почту юбиляра lancko@inbox.ru

ХІІІ КОНФЕРЕНЦИЯ «МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ»

РАЗДЕЛ І. ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАГЕНТОВ-СОБИРАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ООО «НПП КВАЛИТЕТ».....	754
В СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССАХ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД ЦВЕТНЫХ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ	
<i>И.Н. Храпцова, А.С. Меджибовский, А.В. Дементьев, Э.А. Блиев, М.Н. Нафталъ, Л.В. Антоненко, А.С. Цымбал, М.И. Херсонский</i>	
ТЕСТИРОВАНИЕ И ВЫБОР ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ	767
ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД НА ТАЛНАХСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ	
<i>А.А. Умышева, Л.С. Лесникова, А.И. Юрьев</i>	
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОРБЦИИ Н-БУТИЛКСАНТОГЕНА.....	773
И ДИБУТИЛДИКСАНТОГЕНА НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ОКСИДНЫЕ ПОДЛОЖКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА IN SITU МЕТОДОВ	
<i>А.А. Карачаров, М.Н. Лихацкий, Ю.Л. Михлин</i>	
МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМ ОЧИСТКИ ВОДЫ ПРИ ДОБЫЧЕ	782
И ОБОГАЩЕНИИ РУД И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>В.Г. Горшков, А.И. Степаненко, А.В. Бауман</i>	
ПРАКТИКА СУХОГО ОБОГАЩЕНИЯ РУД И НЕРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ	790
ПО ТЕХНОЛОГИИ «СЕПАИР»	
<i>А.В. Бауман, А.И. Степаненко, А.А. Степаненко</i>	
ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ Au(III)	798
КОМПОНЕНТАМИ ХВОСТОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ	
<i>Р.В. Борисов, В.И. Брагин, А.М. Жижжаев, А.А. Плотникова</i>	

РАЗДЕЛ ІІ. МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

СТРУКТУРА И ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УРАЛЬСКИХ ОКИСЛЕННЫХ	805
НИКЕЛЕВЫХ РУД	
<i>Е.Н. Селиванов, С.В. Сергеева, Р.И. Гуляева</i>	
СУЛЬФАТИЗИРУЮЩИЙ ОБЖИГ СВИНЦОВОЙ ПЫЛИ	815
<i>Т.А. Азекенов, Ю.П. Шлемов, О.М. Суханова, С.А. Банникова, А. Доберсек, О. Мишина, Л.Б. Цымбулов, Д.В. Румянцев, Ю.А. Савинова, П. А. Сомов</i>	
ИНТЕГРАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВЫХ ПЫЛЕЙ	820
В ТЕХНОЛОГИЮ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ БАЛХАШСКОГО ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	
<i>С.С. Бахвалов, Я.М. Шнеерсон, И.В. Фоменко, М.А. Плешков, Е.А. Оспанов, А.А. Шахалов</i>	
СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОКЛАВНОЙ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ	827
ПИРРОТИНОВОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРОИЗВОДСТВА ООО «НПП КВАЛИТЕТ»	
<i>М.Н. Нафталъ, А.С. Меджибовский, А.В. Дементьев, Э.А. Блиев, И.Н. Храпцова, Л.В. Антоненко, Н.В. Бышевич, А.Ф. Петров, Т.П. Саверская</i>	

ПРОЦЕСС КИСЛОТНОГО ОКОМКОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОЛОГИИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОКИСЛЕННЫХ МЕДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА	842
<i>Н.В. Сизикова, О.Ю. Браилко, А.Ю. Назаренко, М.А. Казначеев</i>	
МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ БЛЕСКООБРАЗУЮЩЕГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА НА ПРОЦЕСС КАТОДНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕДИ ИЗ МЕДНОГО НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩЕГО СУЛЬФАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА	849
<i>Д.Д. Карпушова, А.И. Юрьев, Р.А. Лежнин</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО СЫРЬЯ С ПОНИЖЕННЫМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ В АВТОГЕННОМ ПЛАВИЛЬНОМ АГРЕГАТЕ	855
<i>Р.А. Марчук, Л.В. Крупнов, В.В. Величко</i>	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СУРЬМЫ ИЗ ШЛАКОВ РАФИНИРОВАНИЯ СВИНЦА	862
<i>А.А. Королёв, С.А. Краюхин, К.Л. Тимофеев, В.А. Шунин, Ф.Ф. Мухаммадеев, М.Н. Корякин</i>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВОГО АККУМУЛЯТОРНОГО ЛОМА	866
<i>М.В. Чекушин, Л.А. Волкова, Н.В. Олейникова, В.С. Чекушин</i>	
СЕРНОКИСЛОТНОЕ АТМОСФЕРНОЕ И АВТОКЛАВНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ТОНКИХ МЫШЬЯКСОДЕРЖАЩИХ ПЫЛЕЙ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	868
<i>К.А. Каримов, А.В. Крицкий, Д.А. Рогожников, А.А. Шопперт, С.С. Набойченко</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ Cd И Ni БИНАРНЫМИ ЭКСТРАГЕНТАМИ НА ОСНОВЕ CYANEX 301	872
<i>В.И. Кузьмин, М.Н. Лескив</i>	
ВЛИЯНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ НА ДИСПЕРСНОСТЬ ФЕРРИТОВ КОБАЛЬТА И МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНИОНООБМЕННОГО ОСАЖДЕНИЯ	877
<i>А.Ю. Павликов, Т.В. Трофимова, С.В. Сайкова, Д.В. Карпов, А.С. Самойло</i>	
КАРБИД-КРЕМНИЕВЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНОВ И СТАЛИ	879
<i>В.А. Полубояров, З.А. Коротаева, А.А. Жданок, А.Н. Черепанов, В.А. Кузнецов</i>	
ВОЗМОЖНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЛОВА С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУБАРКОЛЬ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)	889
<i>Р.В. Сапинов, Н.А. Куленова, М.М. Суюндинов</i>	
К ВОПРОСУ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВИНЦА ИЗ НИТРАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	893
<i>Л.А. Волкова, М.В. Чекушин, Н.В. Олейникова, В.С. Чекушин</i>	
КИНЕТИКА РАСТВОРЕНИЯ АРСЕНОПИРИТА В РАСТВОРАХ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ	895
<i>Е.А. Кузас, П.С. Потапов, Д.А. Рогожников, Р.Э. Русалев</i>	
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СУРЬМЫ ИЗ ЗОЛОТО-СУРЬМЯНИСТЫХ ФЛОТАЦИОННЫХ КОНЦЕНТРАТОВ	900
<i>Р.Э. Русалев, Д.А. Рогожников, С.С. Набойченко, О.А. Дизер, А.А. Коблик</i>	

РАЗДЕЛ III. МЕТАЛЛУРГИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ АЗОТНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УПОРНОГО ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	908
<i>Д.А. Рогожников, О.А. Дизер, А.А. Шопперт, К.А. Каримов, С.С. Набойченко</i>	
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ НЕБЛАГОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ БЕДНЫХ ПРОМПРОДУКТОВ АФФИНАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА	914
<i>О.В. Белоусов, Н.В. Гризан, Р.В. Борисов, А.И. Рюмин, Н.В. Белоусова, О.Н. Лобанова</i>	

ПОКРОВСКИЙ АВТОКЛАВНО-ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС: ЗАПУСК И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ	918
<i>С.И. Лях, Я.М. Шнеерсон, М.В. Клементьев, А.В. Афанасьев, А.С. Завалюев</i>	
АВТОКЛАВНЫЕ ПИЛОТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ..... СУЛЬФИДНОГО ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА	928
<i>С. Ю. Полежаев, П.В. Зайцев, Г.А. Битков, Я.М. Шнеерсон</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ПОКРОВСКОГО АВТОКЛАВНО-ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	939
<i>А. В. Хасанов, Я. М. Шнеерсон, Л. В. Чугаев, М. А. Плешков, А. В. Афанасьев, А. С. Завалюев</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА АВТОКЛАВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА	946
<i>Д.В. Гордеев, П.В. Зайцев, Г.А. Битков, Я.М. Шнеерсон</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ..... ДВОЙНОЙ УПОРНОСТИ	956
<i>С.И. Лаевский, Я.М. Шнеерсон, Л.В. Чугаев, М.А. Плешков, А.В. Маркелов, С.Ю. Полежаев</i>	
ПЕРЕРАБОТКА СПЛАВА ДОРЕ С ПОЛУЧЕНИЕМ АФФИНИРОВАННОГО СЕРЕБРА	964
<i>Д.А. Казакевич, В.А. Москалёв, Л.П. Колмакова</i>	
ВЛИЯНИЕ РЕАКЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА СИНТЕЗ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗОЛЕЙ СЕРЕБРА КЕРИ ЛИ	969
<i>С.А. Воробьев, М.Н. Лихацкий, А.С. Романченко, А.А. Карачаров, Ю.Л. Михлин</i>	
ЭКСТРАКЦИЯ СЕРЕБРА ИЗ СОЛЯНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ СМЕСЬЮ CYANEX 471 ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ	978
<i>И.Ю. Флейтлик, Н.А. Григорьева, А.Я. Тихонов</i>	
ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЗАВИСИМОСТИ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ... ПРОЦЕССА КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЗАХСТАНА ОТ ВЫСОТЫ СЛОЯ ОТСЫПАЕМОГО РУДНОГО МАТЕРИАЛА	981
<i>О.Ю. Браилко, Н.В. Сизикова</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА..... ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ. ЧАСТЬ 1. АНАЛИЗ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ	987
<i>М.А. Середкин, А.Н. Анушенков, О.В. Юшкова, Л.Г. Харитонова, А.С. Самойло</i>	
РАЗДЕЛ IV. МЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ	
ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НЕОРГАНИЧЕСКОГО АНИОНА-ЛИГАНДА НА ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ ИТРИЯ И ЛАНТАНОИДОВ ИЗ НИЗКО КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ	994
<i>О.В. Черемисина, Д.С. Луцкий, И.С. Фиалковский, Т.Е. Литвинова</i>	
СХЕМА ЭКСТРАКЦИОННЫХ КАСКАДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ РЗМ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИНАРНЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ	1003
<i>С.Н. Калякин, В.И. Кузьмин, М.А. Мулагалева</i>	
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ..... В МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ НИОБИЙ – КРЕМНИЙ. ЭКСПЕРИМЕНТ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ	1005
<i>О.А. Шкода, О.В. Латишин</i>	
ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ НИОБИЯ ПРИ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ..... ПЕРЕРАБОТКЕ ПИРОХЛОРОВОГО СЫРЬЯ	1009
<i>С.В. Жуков, А.В. Смирнов, А.В. Нечаев, С.В. Шестаков</i>	
ФТОРИДНЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕКИНГА, ... СОДЕРЖАЩИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ	1012
<i>А.О. Богданова, Л.А. Горбулич, Л.Н. Адеева, Н.Н. Рожков, В.А. Борисов</i>	

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ГРЭС	1014
<i>А.Г. Бакиров, С.А.Абдулина, А.К.Жунусов, Н.В.Олейникова</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ КАДМИЯ С ТУГОПЛАВКИМИ МЕТАЛЛАМИ.....	1019
ОСАЖДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ	
<i>В.Н.Володин, А.В. Ниценко, С.А. Требухов, Н.М. Бурабаева, Ю.Ж. Тулеушев</i>	
ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ОКТАНОЛА-1 ПРИ КОНТАКТЕ С ФТОРИДНО-СЕРНОКИСЛОТНЫМИ.....	1029
РАСТВОРАМИ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КОЛУМБИТО-ТАНТАЛИТОВ	
<i>А.М. Чемеков, С.В. Жуков, А.В. Смирнов</i>	
АНИОНООБМЕННЫЙ СИНТЕЗ ФЕРРИТОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	1033
<i>Е.А. Киришева, С.В. Сайкова, А.С. Самойло, Е.В. Пикурова, М.В. Пантелеева</i>	
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ	1038
ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ	
<i>А.А. Вошкин, Ю.А. Заходяева, И.В. Зиновьева, А.И. Холькин</i>	



КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ГРЭС

А.Г. Бакиров¹, С.А. Абдулина¹, А.К. Жунусов², Н.В. Олейникова³

¹ Восточно-Казахстанский Государственный Университет им. Д.Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

² Павлодарский Государственный Университет им. С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан

³ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

COMPLEX PROCESSING OF ASH AND SLAG WASTE TPP

A. G. Bakirov¹, A. K. Zhunusov², S. A. Abdulina¹, N. V. Oleynikova³

¹ East Kazakhstan State University D. Serikbayev, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan

² Pavlodar State University S. Toraigrov, Pavlodar, Republic of Kazakhstan

³ Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

The influence of the reagent regime and the collector flow rate on the flotation process is investigated. It is established that the increase in the consumption of the collector (kerosene) over 5 kg/t does not lead to a fundamental increase in the technological indicators of flotation enrichment.

When using kerosene in the form of a collector and pine oil in the form of a foaming agent, it made it possible to obtain a carbon concentrate with a content of 21.5% carbon.

Введение

Основным видом топливно-энергетических ресурсов Казахстана является уголь, поставки которого осуществляются в основном из Экибастузского, Карагандинского и Кузнецкого месторождений. Сжигание органического топлива для получения электрической энергии и/или тепла, и в особенности электроэнергетика с её огромными централизованными электростанциями, является одной из основ функционирования современного общества и экономики. С другой стороны, топливосжигающие установки расходуют большое количество органического топлива различных видов и других природных ресурсов, преобразуя их в полезную энергию.

В Республике Казахстан производство электрической энергии осуществляется на 14 мощных ТЭС, где сжигается в основном экибастузские угли. Дальнейшее развитие теплоэнергетики Казахстана базируется на сжигании экибастузских углей.

Угли экибастузского бассейна запасы, которого составляет более 11 млрд. тонн содержит до 50 % и более золы, только при работе двух Экибастузских ГРЭС ежегодно выбрасывается более 15 млн. тонн золы. В золе экибастузских углей содержится SiO_2 (~50 %) и Al_2O_3 (~30 %). При этом она состоит из химически стойких компонентов в виде муллита и кварца. Такая зола высокоабразивна, что приводит к сильному абразивному износу поверхностей нагрева котла. Эта зола высокодисперсна, поэтому плохое улавливание в мокрых скрубберах с трубами Вентури, кроме того она еще высокоомна, отсюда неэффективность электрофильтров. Следствием всего этого является загрязнение атмосферы неуловленной силикозоопасной золой. Из-за недостатка связывающих компонентов в золе не образуется твердая корка на золоотвалах и они пылят на ветру, вторично загрязняя окружающую среду уже уловленной золой. В то же время минеральная часть топлива содержит такие ценные компоненты как алюминий, железо и другие металлы, а также редкоземельные, редкие и рассеянные элементы на добычу которых, доставку и измельчение в металлургической промышленности, затрачивается много средств [1, 2].



Комплексной переработке золошлаковых отходов на глинозем и попутные продукты, с предварительным химическим обогащением, посвящено большое количество работ [10, 11]. Процесс предварительного химического обогащения золы перед переработкой является ключевым моментом для реализации технологии комплексной переработки. В связи с этим совершенствование способа химического обогащения является определяющим фактором для успешной реализации организации промышленной переработки зол с полной утилизацией промпродуктов.

Для комплексной переработки золы важны решения вопросов утилизации всех промпродуктов получаемых в процессе переработки. После химического обогащения золы промпродуктами являются концентрат золы и силикатный раствор. Концентрат золы перерабатывается согласно конкретно выбранной технологической схеме. Силикатный раствор перерабатывается с получением кремний содержащих продуктов.

Экономическая эффективность химического обогащения золы определяется в основном стоимостью и возможностью реализации (ликвидностью) кремнийсодержащих продуктов полученных из силикатного раствора процесса химического обогащения.

Данный вид техногенных образований является перспективным для переработки. При сжигании угля высоких стадий метаморфизма в золе оказывается значительное количество несгоревших или лишь частично сгоревших угольных частиц (НУЧ), называемых «недожогом». Извлеченный недожог в составе золы является ценным компонентом и может использоваться как вторичное топливо в смеси с основным, в том числе при изготовлении топливных брикетов [4], в качестве наполнителя резины вместо графита и наполнителя электропроводящих бетонов, применяемых при строительстве некоторых элементов АЭС [5].

Эффективным методом извлечения несгоревших частиц угля является флотация. В ИГД ДВО РАН был разработан способ обогащения угольного сырья [6]. Настоящая статья посвящена исследованию флотационного извлечения недожога из ЗШО Аксуской ГРЭС-1.

Исследователями Объединенного института высоких температур РАН [7, 8] было показано, что флотационным методом можно извлечь из зольных отходов углеродный концентрат, пригодный для повторного использования в качестве топлива и алюмосиликатный продукт, содержащий минимальное количество углерода. Исследователи применяли керосин в качестве собирателя при его расходе 3-11 кг/т и сосновое масло в качестве вспенивателя при расходе 0,33-0,46 кг/т. Авторы отмечают, что при расходе вспенивателя свыше 0,45 кг/т углеродный концентрат характеризуется более низким качеством, что, вероятно, связано со снижением селективности. Схема с перечисткой черного концентрата обеспечивает получение готового флотационного концентрата с содержанием углерода 67,5-68,5 % (при расходах собирателя 7,8-11 кг/т). Применение смеси тяжелого вакуумного газойля и керосина (1:1) в качестве собирателя позволило получить оптимальные результаты при расходе смеси 6 кг/т, что улучшает технико-экономические показатели процесса [8]. Крупность золошлакового материала характеризуется следующим образом: 20,4 % – содержание класса +0,165 мм; 29,3 % – класса 0,165+0,125 мм; 17 % – 0,125+0,1 мм; 33,3 % -0,1+0 мм. При обогащении золы уноса Каширской ГРЭС расход реагентов составил: керосина – 8 кг/т, вспенивателя – 1 кг/т. Из золы, содержащей 13,9 % углерода был получен черновой концентрат с содержанием углерода 61,4 %. После перечистки массовая доля углерода повысилась до 81,4 % [8].

Исследования экономической целесообразности переработки ЗШО с выделением высокоуглеродистого концентрата и зольного остатка, обедненного углеродом, выявили высокую рентабельность данного производства. Схема переработки включала рассев золы и флотацию подрешетного класса с получением трех продуктов (с высоким, низким и промежуточным содержанием углерода). Продукт с высоким содержанием углерода является конечным продуктом, как и зола, которая используется как наполнитель в конструкционных материалах. Промежуточная по содержанию углерода фракция направляется на производство топливных брикетов в смеси с отходами бумажной промышленности. Окупаемость инвестиций по самым скромным подсчетам варьируется в пределах 8-16 % для завода с производительностью 150 000 т/год [9].

Целью исследования было выявление влияния реагентного режима и крупности обогащаемого материала на эффективность флотационного извлечения недожога.



В качестве материала исследования использовались ЗШО ГРЭС-1 (г. Аксу, Павлодарская область, Республика Казахстан), содержащие 11-14 % недожога. По гранулометрическому составу и дисперсности золошлаковый материал (ЗШМ) отличается большим разнообразием. Химический состав ЗШО представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Химический состав ЗШО

Наименование ЗШО	Содержание, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O	SO ₃	Na ₂ O
ЗШО ГРЭС-1 [3]	52,3	25,7	5,26	1,53	0,4	-	0,03	1,68	0,6
ЗШО ГРЭС-2 [3]	57	22,3	2,80	1,60	0,9	-	0,30	1,72	0,2
Павлодарское ТЭЦ [3]	54,1	28,3	7,47	1,14	0,55	1,48	0,40	0,62	0,2
Аксуская Энергетическая Корпорация	55	20,04	2,30	1,36	0,4	0,71	0,50	-	0,7

Для определения гранулометрического состава ЗШО использовали ситовой анализ. Просеивание проводили на механическом анализаторе. Результаты ситового анализа пробы шлама приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Ситовой анализ ЗШО

Классы крупности, мм	Выход класса, %	Содержание, %				Распределение, %			
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
+1,0	11,7	44,59	12,22	16,92	0,96	11,77	13,6	9,88	11,4
-1,0 +0,25	10,4	43,79	8,36	20,56	0,92	10,26	8,3	10,67	10,0
-0,25 +0,1	57,5	44,24	8,98	20,65	0,98	58,0	49,0	59,2	58,3
-0,1 +0,056	13,6	43,14	14,63	20,23	0,92	13,21	18,9	13,72	13,0
-0,056 +0	6,8	44,35	15,68	19,31	1,11	6,76	10,2	6,53	7,3
Итого	100					100	100	100	100

Из результатов ситового анализа золы следует, что основная масса представлена классом -0,25+0,1 мм, количество которой около 60,0 %. Крупность материала золы позволяет проводить дальнейшую гидрохимическую переработку без предварительного измельчения.

Основная часть

Флотационные опыты в открытом цикле проводились на лабораторных флотационных машинах типа «Механобр Техника» с объемом камер 3,0 дм³ (Рис. 1). Принципиальное обогащение проводилось на исходной крупности золошлаковых отходов (-0,25 мм и 0,1 мм), с объемом камеры 1 л и массой навески 300 г (Т/Ж=1/3). Частота вращения импеллера 2500 об/мин. Аэрация пульпы 10 л/мин. Расход вспенивателя постоянный во всех опытах (сосновое масло 0,72 кг/т). Расход собирателя (керосина) варьировался в пределах 5 – 10 – 15 кг/т.

При извлечении недожога применялась схема основной флотации с получением черного (коллективного) концентрата.

Крупность питания -0,25 +0,1мм. Продолжительность агитации с собирателем – 5 мин, продолжительность агитации со вспенивателем – 2 мин, продолжительность основной флотации – 5 мин.



Рис. 1. Флотационная машина типа «Механобр Техника»

Поисковые исследования по извлечению недожога из золошлаковых отходов первоначально проводились с применением в качестве собирателя керосина, вспенивателя – соснового масла. Варьировались расход собирателя (50-15 кг/т) и крупность питания. Во втором опыте проводились с применением в качестве собирателя бутиловый ксантогенат натрия SBX, вспенивателя МИБК (Метилизобутилкарбинол).

Результаты поисковых экспериментов показали, что извлечение углерода в концентрат выше при крупности питания флотации –0,15+0 мм. При нахождении угля в топке происходит оплавление и окисление поверхности недогоревших угольных частиц. Соответственно, меняются и их флотационные свойства. Повышение расхода собирателя свыше 5 кг/т может быть нецелесообразно вследствие высокой стоимости реагента собирателя. С технологической точки зрения при увеличении расхода собирателя до 10 кг/т принципиального положительного влияния на извлечение углерода не наблюдается; при расходе собирателя 15 кг/т извлечение углерода выше на 3,67 % по сравнению с минимальным расходом.

Следует отметить, что содержание углерода в концентрате во всех опытах варьировалось незначительно в интервале 10-21 %. В результате флотационного обогащения ЗШО были получены углеродный концентрат и алюмосиликатный продукт (хвосты обогащения). Более детально химический состав углеродного концентрата и алюмосиликатного продукта представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3.

Химический состав углеродного (коллективного) концентрата

№	SiO ₂ , %	Fe ₂ O ₃ , %	Al ₂ O ₃ , %	C, %
1	42,26	8,02	13,18	21,5
2	42,28	10,02	18,35	10,8

Таблица 4.

Химический состав алюмосиликатного продукта (хвосты обогащения)

№	CaO, %	SiO ₂ , %	Fe ₂ O ₃ , %	Al ₂ O ₃ , %	Na ₂ O, %	MgO, %	TiO ₂ , %	K ₂ O, %	C, %
1	2,477	50,52	4,01	23,52	0,435	0,792	1,1	0,54	1,06
2	2,417	54,21	9,98	23,78	0,43	0,847	1,1	0,58	1,74

Заключение

Флотационное обогащения ЗШО Аксуской ГРЭС-1 при применение различных реагентных режимов показало, возможность получения углеродного концентрата с повышенным содержанием углерода. При применении керосина в виде собирателя и соснового масло в виде вспенивателя дало возможность получить углеродный концентрат с содержанием 21,5% углерода.

Исследования по получению углеродного концентрата из недожога будут проводится далее. Учитывая все параметры флотационного обогащения (крупность помола исходного сырья, выбор схем флотации, подбор оптимального реагентного режима, продолжительность флотации).

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория технического анализа – Режим доступа: <http://www.courier.com.ru>.
2. Кожуховский И., Цельковский Ю. Совершенствование обращения с золошлаковыми отходами. Экология производства. 2012. № 10, 40–47.
3. Умбетова Ш.М. Техногенные отходы и пути их вторичной переработки. Вестник КазНТУ, 2009. №4, 72–75.
4. Александрова Т.Н. Исследование зависимости качества угольных топливных брикетов от технологических параметров их производства / Т.Н. Александрова, А.В. Рассказова. Записки Горного института. 2016. Т. 220, 573 - 577.
5. Кизильштейн Л.Я. Уголь сожгли, что делать с золой? Энергия: экономика, техника, экология. 2016. № 11, 34 - 37.
6. Пат. 2452583 Рос. Федерация, МПК В03D 1/02 . Способ обогащения угольного сырья / Т.Н. Александрова, А.В. Сорочинская. № 2010118956/03, заявл. 11.05.2010, опубл. 10.06.2012, Бюлл. №16.
7. Рябов Ю.В., Делицын Л.М., Ежова Н.Н. Флотационное извлечение углерода из золы угольных ТЭС с использованием смеси керосина и газойля. Обогащение руд. 2016, № 5, 48-53.
8. Рябов Ю.В., Делицын Л.М., Власов А.С., Бородин Т.И. Флотация углерода из золы уноса Каширской ГРЭС. Обогащение руд, 2013, № 4, 35-38.
9. Butcher K. Integrated Coal Ash Processing Plant Business Feasibility Study [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://infohouse.p2ric.org/ref/49/48988.pdf> (March, 2007).
10. Райзман В.Л., Ни Л.П., Мальц Н.С. и др. Химическое кондиционирование высококремнистого алюминиевого сырья. Обзорная информация ЦНИИцветмет экономики и информации. М. 1987. Вып. 3-60 с.
11. Рабатова Л.С. Физико-химия и технологии получения цеолитов NaX и NaY при комплексной переработке зол ТЭЦ: Дисс. ... канд. техн. наук. Алматы, 2002. 135 с.