

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



# **Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов**

**Материалы  
X Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием**

(Иркутск, 22–24 апреля 2020 г.)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

**ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ И  
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

Материалы  
X Всероссийской научно-практической  
конференции  
с международным участием

**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  
Иркутского национального исследовательского  
Технического университета  
2020

УДК 658.52  
ББК 65.291.8.4  
П 27

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

**Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов:** мат-лы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 22–24 апреля 2020 г.). – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2020 – 294 с.

**Редакционная коллегия:**

**Е.Ю. Семенов** - председатель проректор по научной работе и инновационной деятельности

**Е.А. Анциферов** - зам. председателя директор института высоких технологий

**А.Н. Чеснокова** - зам. директора института высоких технологий по научной работе

**С.Г. Дьячкова** - зав. кафедрой химической технологии

**Н.В. Немчинова** - зав. кафедрой металлургии цветных металлов

**В.В. Ёлшин** - зав. кафедрой автоматизации и управления

**П.А. Лончих** - профессор кафедры автоматизации и управления

**В.Ю. Конюхов** - профессор кафедры автоматизации и управления

**С.И. Половнева** - доцент кафедры автоматизации и управления

**Ю.Э. Голодков** - доцент кафедры автоматизации и управления

**С.С. Бельский** - доцент кафедры металлургии цветных металлов

**Т.А. Подгорбунская** - доцент кафедры химической технологии

**Технический редактор:**

**С.А. Мельник** - программист кафедры автоматизации и управления

Печатается с файлов, предоставленных авторами

© ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

**СЕКЦИЯ №1.** Прогрессивные технологии и физико-химические основы повышения эффективности металлургических производств

Св.С. Квон, В.Ю. Куликов, Д.Р. Аубакиров, Е.П. Щербакова, А.М. Достаева. <b>Исследование структуры белого чугуна с повышенным содержанием никеля и ванадия.....</b>	<b>10</b>
Н.В. Немчинова, В.В. Хоанг, А.А. Володькина. <b>Изучение структуры и химического состава образцов кремния металлографическим методом исследования.....</b>	<b>13</b>
А.Е. Патрушов, Н.В. Немчинова, В.С. Вологин. <b>Разработка технологии пирометаллургической переработки пыли электросталеплавильного производства с целью извлечения железа и цинка.....</b>	<b>17</b>
К. Болсулы, Е.К. Кызылбаев. <b>Поведение серы в доменной печи и условия получения малосернистого чугуна.....</b>	<b>20</b>
А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Э.Р. Шагиев. <b>Исследование физико-химических характеристик прокатной окалины и обезвоженного шлама газоочистки кислородно-конвертерного производства.....</b>	<b>23</b>
Г.В. Галевский, В.В. Руднева. <b>Металлургический кластер Кузбасса: анализ состояния и перспективы развития.....</b>	<b>26</b>
Г.В. Галевский, В.В. Руднева, С.Г. Галевский, А.Е. Аникин, Э.Р. Шагиев. <b>Современное состояние оборудования и технологии производства обожженных анодов для алюминиевых электролизеров.....</b>	<b>29</b>
Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин. <b>Производство и применение молибдена и его сплавов.....</b>	<b>32</b>
А. Абдусаломов, А.В. Никаноров. <b>Использование компьютерных тренажеров для обучения студентов основам металлургических процессов.....</b>	<b>35</b>
П.С. Гусев, А.В. Никаноров. <b>Пирометаллургическая переработка материалов медного и никелевого производства содержащих драгоценные металлы .....</b>	<b>38</b>
Е.В. Скворцов. <b>Роль внепечной обработки в технологии производства литых износостойких сплавов.....</b>	<b>40</b>
Н.П. Ермаченко. <b>Исследование материала для очистки технологических сред.....</b>	<b>43</b>
А.С. Вологин, В.С. Вологин, А.В. Никаноров. <b>Снижение расхода электроэнергии на миксерах ЛО-1 .....</b>	<b>45</b>
Д.И. Тюменцев, Н.В. Немчинова, А.А. Володькина. <b>Конструкция кронштейнов анододержателей алюминиевых электролизеров.....</b>	<b>48</b>
Д.С. Сидоров, А.Н. Баранов. <b>Интенсификация выщелачивания цветных металлов с применением электрохимической обработки щелочи.....</b>	<b>51</b>

<b>З.Х. Гайбуллаева, У.Мирсаидов. Кинетика реакции выщелачивания свинца и цинка из полиметаллических концентратов месторождения Кони Мансур (Таджикистан).....</b>	<b>53</b>
<b>И.Д. Матвеевко, М.Ю. Кузьмина. Совершенствование огнеупорных материалов для футеровки литейных агрегатов алюминиевого производства.....</b>	<b>56</b>
<b>И.Д. Тетерин, М.Ю. Кузьмина. Химическое окисление алюминиевых изделий в электролитах, не содержащих хромовый ангидрид.....</b>	<b>60</b>
<b>А.Шарифов, З.Х.Гайбуллаева, Ф.Б.Хамроев, Г.Г.Шодиев, Д.Субхонов. Безотходная технология газификации угля.....</b>	<b>62</b>
<b>О.В. Лазарева, А.А. Пляскина. Оценка технологических факторов и сред, влияющих на коррозионные процессы при автоклавном выщелачивании.....</b>	<b>65</b>
<b>М.П. Кузьмин, В.С. Кабарбо. Получение силуминов методом индукционной плавки кремнийсодержащей шихты под слоем криолита.....</b>	<b>68</b>
<b>М.П. Кузьмин, В.С. Кабарбо. Оценка устойчивости интерметаллидов, образующихся в алюминии и сплавах на его основе.....</b>	<b>71</b>
<b>М.П. Кузьмин, И.Д. Тетерин. Особенности производства чушек первичных силуминов, модифицированных стронцием.....</b>	<b>74</b>
<b>Р.М. Собенников, Т.С. Минеева. Преимущества использования роллер-пресса при рудоподготовке применительно к технологии кучного выщелачивания золотосодержащих руд.....</b>	<b>77</b>
<b>А.А. Шипнигов, Т.С. Минеева. Кучное выщелачивание золотосодержащих руд.....</b>	<b>80</b>
<b>А.А. Ашуров, Х.А. Мирпочаев, Р.С. Махкамбаев, А.Х. Сафиев, Дж.Р. Рузиев. Опытнo-промышленная очистка отработанной футеровки электролизёров.....</b>	<b>82</b>
<b>А.А. Ашуров, А.Х. Сафиев, И.С. Шоев, Дж.Р. Рузиев. Переработка отработанной футеровки электролизеров водно-щелочным способом.....</b>	<b>85</b>
<b>Ш. Кабир, Х. Сафиев, Н.Х. Раджабов, Х.А. Мирпочаев. О деятельности института металлургии компании «Талко Групп».....</b>	<b>87</b>
<b>Ш.Кабир, Х.Сафиев, С.М.Шокаримов, И.С.Шоев, Дж.Р.Рузиев, Р.С.Рафиев. Опытнo-промышленное производство и испытание синтетического криолита, полученного с использованием поваренной соли.....</b>	<b>90</b>
<b>Ш.Кабир, Х.Сафиев, С.М.Шокаримов, И.С.Шоев, Н.А.Наимов, Дж.Р.Рузиев. Комплексная переработка кремнефтористоводородной кислоты с использованием хлорида натрия.....</b>	<b>93</b>

Ш. Кабир, Х. Сафиев, Г. Аминджони, Н.А. Наимов, Н.П. Мухамедиев, Ш.Б. Назаров. <b>Переработка флотационного мусковитового концентрата способом сульфатизации.....</b>	<b>95</b>
Х.А. Мирпочаев, Ш. Кабир, Х. Сафиев, Н.Х. Раджабов, Н.П. Мухамедиев. <b>Однонипельный анодный токоподвод электролизёра для производства алюминия.....</b>	<b>98</b>
И.Ш. Ахмадшоев, Н.П. Мухамедиев, А.Х. Сафиев, Р.С. Рафиев, Дж.Р. Рузиев. <b>Технологии производства и опытно-промышленные испытания литейных флюсов .....</b>	<b>101</b>
А.С. Шнырова, К.Е. Алексеенко, М.В. Константинова. <b>Характеристики минерального сырья, используемого в качестве фильтрующих материалов.....</b>	<b>103</b>
Н.В. Иринчинова, В.И. Дударев, Д.И. Дударев. <b>Технологическая схема сорбционного извлечения никеля из производственных растворов... </b>	<b>106</b>
Р.Р. Рахматулин, А.Н. Баранов. <b>Определение достоверности измерения скорости коррозии металлов в снежном покрове с применением коррозиметра.....</b>	<b>108</b>
А.С. Вологин, А.А. Тютрин. <b>Проблема образования отходов при производстве металлургического кремния.....</b>	<b>111</b>
Е.С. Лебедев, А.А. Тютрин. <b>Основные технико-экономические показатели производства алюминия.....</b>	<b>113</b>
М.Н. Рыбина, Н.В. Немчинова, Н.Н. Зобнин, А.А. Володькина. <b>Подбор связующего вещества для окомкования шихты в производстве технического кремния.....</b>	<b>116</b>
А.А. Козлов, Н.В. Немчинова. <b>Угольно-сорбционная технология извлечения золота из сернокислых растворов, содержащих медь и железо.....</b>	<b>119</b>
А.А. Васильев, А.В. Аксенов, Г.Т. Рахимов. <b>Выбор рациональной технологии извлечения золота на основании изученного вещественного состава руды.....</b>	<b>122</b>
А.Э. Савелов, А.А. Васильев, А.В. Аксенов. <b>Выбор рациональной технологии извлечения серебра на основании изученного вещественного состава руды.....</b>	<b>125</b>
Е.Ю. Леонов, Д. Е. Остапчук. <b>Повышение эффективности модифицирования металлов и сплавов.....</b>	<b>128</b>

## **СЕКЦИЯ № 2. Актуальные проблемы химии и химической технологии**

А.П. Белькович, О.В. Лебедева. <b>Мембраны на основе комплекса поливинилтриазол/ дифенилсульфокислота.....</b>	<b>132</b>
--	------------

Ю. А. Верховина, Ю.Н. Пожидаев. Мембраны на основе функциональных полимеров триазола и винилсульфоновой кислоты.....	134
Ж.Н. Артемьева, В.Э. Соболева, С.Г. Дьячкова. Топлива маловязкие судовые, отвечающие требованиям тр тс 013/2011 в редакции 2020 года.....	137
Ю.А. Болотова, Е.Э. Урбасова, А.А. Чайка. Моделирование работы газодиффузионной установки.....	139
Д.С. Белоусов, Е.В. Янчуковская. Математическая модель и алгоритм расчета реактора идеального перемешивания.....	142
А.А. Ганина, Е.Б. Ковалева, Е.О. Рудомилова, С.Г. Дьячкова. Вовлечение в топливные композиции побочных продуктов производства бутиловых спиртов.....	146
Н.Е. Байбородин, С.В. Бахвалов, Е.А. Голиков, Е.А. Осипова, Е.В. Прудникова. Разработка настольного приложения на С# для дополнительных хроматографических расчетов.....	147
В.Г. Федосеева, Е.А. Верочкина, Н.В. Вчисло. Синтез 2-тиозамещённых ениналей методом альдольной конденсации.....	150
А.В. Мартынюк, Е.В. Янчуковская. Выбор варианта транспортировки газа в зависимости от расстояния транспортировки и удельных затрат Сарех.....	151
Н.А. Горяшин, И.О. Дошлов. Получение связующих материалов на основе нефтяных остатков и отходов кремниевого производства.....	154
Н.А. Горяшин, М.С. Ковалев. Возможность внедрения нефтесодержащих материалов в алюминиевую и электродную промышленность.....	157
А.А. Турусин, Н.А. Горяшин, И.О. Дошлов. Получение нанодобавок электродуговым методом для производства композиционных материалов.....	159
А.В. Скубиева, М.А.Оборина. Минеральное кальций-магниевое сырьё иркутской области в технологии керамических изделий.....	161
А.А. Турусин, О.В. Белозерова. Исследование бензина АИ-92 ООО «Крайснефть».....	165
Р.Т. Усманов, Д.С. Чепенко, А.С. Поздняков. Синтез фуллеренсодержащей сажи электродуговым методом.....	167
Т.В. Бутько, Т.Ч. Нгуен, А.А. Яковлева. Применимость уравнения Ленгмюра для характеристики барьерных свойств песков.....	169
И.А. Ярощук.Изучение физико-химических характеристик монгольских нефтей.....	172
Б.А. Ульянов, И.А. Семёнов, Д.А. Дубровский. Опыт реконструкции установки ректификации метиламинов.....	175
Н.П. Гоненко, Т.В. Раскулова, Ю.Н. Пожидаев. Присадки к дизельным топливам на основе побочных продуктов нефтехимических производств.....	178

Е.А. Манаенкова, О.В. Белозерова. <b>Эфиры кукурузного масла в химмотологии</b> .....	182
М.А. Савина, А.Ю. Сотников, А.В. Скубиева, Е.В. Рудякова. <b>Сравнение углеводородного состава бензинов отечественных и японских производителей</b> .....	183
А.Н. Чеснокова, Т.Д. Жамсаранжапова, С.А. Закарчевский, А.М. Оносова. <b>Исследование композитных протонпроводящих мембран для топливных элементов</b> .....	186
Т.И. Черненко, Т.А. Подгорбунская, О.В. Белозерова. <b>Получение сорбента из отходов лесозаготовительного комплекса</b> .....	188
А.О. Монтошкинова, Т.А. Подгорбунская. <b>Физико-химические свойства отходов лесопереработки</b> .....	189
А.В. Скубиева, М.А. Оборина. <b>Источники минерального высокоглиноземистого сырья в иркутской области</b> .....	191
В.К. Левшаков. С.А. Мельник. <b>Пути увеличения количества реагирующего вещества в микропробирке</b> .....	194
С.В. Садловский, Е.А. Анциферов, А.А. Яковлева. <b>Изучение механизмов защиты металлов от коррозии пленкообразующими агентами на основе стирол-акриловых латексов методом импедансной спектроскопии</b> ....	197

**СЕКЦИЯ № 3. Интенсификация, контроль и автоматизация технологических процессов**

Т.Р. Мамин, С.А. Богидаев, С.И. Половнева. <b>Исследование удельной поверхности утяжелителей буровых растворов</b> .....	201
А.Р. Лазарева. <b>Современные способы получения холода</b> .....	204
Д.Е. Боровых, П.Р. Ершов. <b>Разработка учебного стенда «система позиционного регулирования на базе приборов ОВЕН»</b> .....	207
М. К. Гузин, Д. А. Бегунов. <b>Опыт образования за рубежом</b> .....	210
И.В. Клещенко, С.И. Половнева. <b>Освоение профессиональных компетенций по метрологическому обеспечению производства АО «САЯНСКХИМПЛАСТ»</b> .....	212
Ю.Э. Голодков, Е.В. Федяев. <b>Опыт импортозамещения автоматизированных систем управления технологическим оборудованием в пищевой промышленности</b> .....	216
Д.С. Россов, П.Р. Ершов. <b>Разработка учебного стенда «Облачные технологии OWEN CLOUD»</b> .....	218
А.А. Подкорытов, Е.А. Калашникова. <b>Перспективы применения нейронных сетей в технологических процессах</b> .....	221
Е.А. Калашникова, А.А. Подкорытов. <b>Перспективы использования беспроводных технологий для автоматизации технологических процессов</b> .....	224



А.А. Герасимова, В.В. Ёлшин. <b>Процесс сорбционного выщелачивания золота как объект автоматизации</b> .....	226
А.А. Герасимова, В.В. Ёлшин. <b>Eplan electric P8 - среда разработки для создания технических проектов автоматизации</b> .....	229
С.С. Макаров. <b>Анализ автоматизированной системы управления технологическим процессом в солодовом производстве</b> .....	231
А.А. Колодин, В.В. Ёлшин. <b>Применение управления на основе прогнозирующей модели в учебном стенде</b> .....	234
Д.Е. Тарасов, А.А. Колодин. <b>Построение математической модели печи учебного стенда</b> .....	238
А.Е. Овсяков, В.В. Елшин. <b>Возможность применения нейронных сетей в задачах аналитического контроля и управления в процессах цианистого выщелачивания</b> .....	242
С.И. Половнева, Д.А. Бегунов. <b>Измерение и контроль параметров качества и количества нефти в условиях ООО «Юрх-нефтегазодобыча»</b> .....	245
Т.А. Джалилов, В.М. Салов. <b>Перспективы использования многоагентной технологии в процессе измельчения золотосодержащей руды</b> .....	248

#### **СЕКЦИЯ № 4. Менеджмент систем качества**

А.Э. Сапожникова, Л.И. Татарникова. <b>Аутсорсинг в производственной компании</b> .....	251
А.М. Колыванова, Н.П. Лонцих. <b>Внедрение технологий бережливого производства в организациях, оказывающих первичную медико-санитарную помощь</b> .....	255
К.Н. Абрамович, П.А. Лонцих. <b>Анализ проблем производственно-бытового обеспечения на примере нефтяной компании</b> .....	258
И.С. Власов, П.А. Лонцих. <b>Необходимость и внедрение системы менеджмента качества в лечебно-профилактическое учреждение</b> ....	261
А.С. Родина, В.Ю. Конюхов. <b>Применение технологических карт процессов на примере структурного подразделения ОАО «РЖД»</b> .....	264
А.А. Гаврилова, С.А. Мельник. <b>Роль маркетинговых исследований в инновационных проектах на примере реализации проекта «Программно-технический комплекс моделирования технологических процессов»</b> .....	267

#### **СЕКЦИЯ № 5. Инноватика в технологиях и управлении**

Д.О. Ткачук. <b>Применение наноструктурных материалов в промышленности</b> .....	271
--	-----

электролизерах с верхним токоподводом, а также на электролизерах с предварительно обожженными анодами. Всего установлен 531 электролизер на 3-х сериях электролиза. Годовой объем производства алюминия-сырца составляет 210 тыс. тонн.

Основная продукция литейного производства – цилиндрические слитки и мелкая чушка от 6 до 22 кг. Порядка 70 % продукции составляют сплавы, в том числе многокомпонентные. На отечественный рынок и в страны СНГ поставляется порядка 52,7 % продукции завода.

### **Направления инновационного развития металлургического производства Кузбасса**

В ближайших планах металлургических предприятий Кузбасса – реконструкция и модернизация производства в следующих направлениях: в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК» - совершенствование производства рельсовой стали с целью повышения качества металлопродукции; освоение производства листовой металлопродукции на литейно-прокатном комплексе; длинномерных профилей волочением для использования в качестве арматуры; технологии контактной стыковой сварки дифференциально термоупрочненных железнодорожных рельсов в длинномерные (до 800 м) плети; в условиях АО «РУСАЛ Новокузнецкий алюминиевый завод» - конверсия реализуемой АО «РУСАЛ Новокузнецк» технологии с установкой электролизеров РА-167 и С-8БМЭ «ЭкоСодерберг».

### **УДК669.21.8 (075.8)**

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ**

Г.В. Галевский<sup>1</sup>, В.В. Руднева<sup>2</sup>, С.Г. Галевский<sup>3</sup>, А.Е. Аникин<sup>4</sup>,  
Э.Р. Шагиев<sup>5</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: [kafcmet@sibsiu.ru](mailto:kafcmet@sibsiu.ru)

<sup>2</sup>д.т.н., профессор, профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: [kafcmet@sibsiu.ru](mailto:kafcmet@sibsiu.ru)

<sup>3</sup>к.э.н., доцент кафедры экономики, учета и финансов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург, e-mail: [sgalevskii@gmail.com](mailto:sgalevskii@gmail.com)

<sup>4</sup>к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: [kafcmet@sibsiu.ru](mailto:kafcmet@sibsiu.ru)

<sup>5</sup>обучающийся гр. МЦМ-17, ИМиМ, ФГБОУ ВО «СибГИУ», г.

Уже длительное время технологическая стратегия ведущих алюминиевых производящих компаний основана на развитии электролизного производства с использованием обожженных анодов. Это обеспечивает разработку и последующую эксплуатацию высокоамперных электролизеров, работающих с высокими технико-экономическими показателями, улучшение санитарно-гигиенических условий труда персонала в корпусах электролиза, в целом повышение экологической безопасности алюминиевых заводов. В настоящее время по этой технологии производится более 80 % выпускаемого в мире первичного алюминия. Реализуемые технологии высокоамперного электролиза на электролизерах с обожженными анодами мощностью 300-500 кА доказали, что возможно дальнейшее повышение эффективности процесса за счет усовершенствования конструкции и прогрессивных технических решений при использовании новых материалов и высококачественного сырья.

Достигнутые на передовых алюминиевых предприятиях показатели подтверждают эффективность выбранного направления: выход по току достигает 95 %, расход технологической электроэнергии составляет 12500-13000 кВт·ч/т Al, расход анодов 500-510 кг/т Al, фторида алюминия 15-17 кг/т Al. Применение обожженных анодов значительно снижает выбросы смолистых веществ, в том числе бензапирена, и других вредных компонентов от электролизера. Снижению выбросов вредных веществ на высокоамперных электролизерах способствует возможность применения более герметичных укрытий с высоким КПД, систем автоматизированного питания глиноземом, уменьшающих время работы электролизеров с открытыми укрытиями. Основными отличительными особенностями высокоамперных технологий по сравнению с электролизерами средней мощности являются: использование для питания электролизера через системы АПГ глинозема песочного типа, фторсолей, фторированного глинозема и оборотного криолита; работа в заданном интервале низких концентраций глинозема 2-5% по технологии без анодных эффектов (0,05 шт/сут); низкий уровень металла (18-20 см); высокий уровень электролита (20-22 см); использование в процессе только кислых электролитов с заданным интервалом КО 2,2-2,4; корректировки КО по заданным алгоритмам; возможность работы на плотностях тока, близких к критическим значениям 0,9-0,95 А/см<sup>2</sup>; большие скорости (до 18-20 см/с) движения расплава в электролизной ванне; новый состав укрывных материалов, обеспечивающий стабилизацию теплового и материального баланса; технология «завод-автомат» с использованием при обслуживании многофункциональных кранов, механизмов и робототехники при постоянном сканирующем мониторинге технологического состояния электролизера; катодное устройство шпангоутного типа с

дополнительными ребрами охлаждения с использованием высокографитированных катодных блоков замкового типа и боковой карбидокремниевой футеровки с искусственными профильными настылями.

ОК РУСАЛ в своих среднесрочных и долгосрочных проектах также предусматривает постоянное увеличение объемов производства алюминия с использованием обожженных анодов. По этой технологии полностью работает Саяногорский (530 тыс. т Al / год), Хакасский (300 тыс. т Al / год), частично Красноярский (1024 тыс. т Al / год), Иркутский (415 тыс. т Al / год), Новокузнецкий (213 тыс. т Al / год) алюминиевые заводы. В стадии пуска находятся Богучанский алюминиевый завод (проектная мощность 600 тыс. т Al / год), в стадии строительства – Тайшетский алюминиевый завод (проектная мощность 750 тыс. т Al / год).

В 2019 г. глобальная емкость мирового алюминиевого рынка может составить до 70 млн. т при ожидаемом его дефиците ~ 1,2 млн. т. При сложившихся в 2015-2017 гг. соотношениях в объемах производства первичного и вторичного алюминия это позволяет прогнозировать объем производства первичного алюминия на уровне 43,0 млн. т, а потребность в обожженных анодах - на уровне 19 млн. т. Крупнейшие заводы по производству обожженных анодов с объемом производства более 1 млн. т в год находятся в Китае. Ведущие алюминийпроизводящие компании - RIOTINTOALCAN, ALCOA, РУСАЛ, EMAL, ALBA предпринимают серьезные усилия по расширению собственного производства обожженных анодов.

ОК РУСАЛ производят ежегодно на российских заводах 3,5 – 3,7 млн. т первичного алюминия, в том числе с использованием обожженных анодов 1,05 – 1,10 млн. т. С освоением производственных мощностей Богучанского алюминиевого завода эти показатели могут достичь 1,5 млн. т, для чего потребуется порядка 810 тыс. т в год обожженных анодов. Мощности по производству обожженных анодов ОК РУСАЛ на территории России включают действующие анодные производства Саяногорского алюминиевого завода (330 тыс. т в год). Порядка 140 тыс. т в год производят предприятия компании ЭНЕРГОПРОМ. Общий дефицит обожженных анодов составляет порядка 440 тыс. т и покрывается за счет импорта из Китая. В связи с этим проблема импортозамещения является достаточно острой.

Для ее решения компания ОК РУСАЛ реализует следующие проекты по наращиванию объемов производства обожженных анодов:

- запуск производства обожженных анодов на Волгоградском алюминиевом заводе с объемом выпуска 104 тыс. т в год. Стоимость проекта составляет 8 млрд. руб. при сроке окупаемости 8 лет.

- поэтапное строительство анодного производства Тайшетского алюминиевого завода с объемом выпуска 870 тыс. т в год. В настоящее

время реализуется первый этап с объемом выпуска 217,5 тыс. т в год. Ввод в промышленную эксплуатацию производственных мощностей первого этапа планируется в третьем квартале 2019 г.

Обжиг анодов проводится в многокамерных печах. При этом как в отечественной, так и зарубежной практике используются преимущественно открытые (бессводовые) обжиговые печи, хотя на ряде предприятий можно встретить закрытые (сводовые) печи. Оба типа печей подвергаются непрерывной модернизации. При строительстве каждого нового производства анодов проводится технико-экономическая оценка выбора первого или второго типа печей. Тем не менее последние 20 лет печам открытого типа отдается большее предпочтение.

Подтверждено, что ведущие алюминийпроизводящие компании - RIOTINTOALCAN, ALCOA, РУСАЛ, EMAL, ALBA принимают серьезные усилия по расширению собственного производства обожженных анодов с использованием в основном многокамерных печей открытого типа, обеспечивающих 4-х стадийный обжиг с получением высококачественных анодов при минимальных энергетических затратах. Расширение объемов производства обожженных анодов сопровождается совершенствованием конструкций печей, технологии обжига, заменой топлива (мазута на природный газ), с формированием защитных покрытий на анодах, изменением их геометрии (наличие газоотводных каналов) и др. Применение новых технологических схем обезвреживания отходящих газов значительно повышает экологическую безопасность анодных производств.

#### **УДК669.018.45**

### **ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ МОЛИБДЕНА И ЕГО СПЛАВОВ**

Г.В. Галевский<sup>1</sup>, О.А. Полях<sup>2</sup>, В.В. Руднева<sup>3</sup>, А.Е. Аникин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

<sup>2</sup>к.т.н., доцент, доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

<sup>3</sup>д.т.н., профессор, профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru

<sup>4</sup>к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии ФГБОУ ВО «СибГИУ», г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru