

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Российская академия естественных наук

*90-летию Сибирского государственного
индустриального университета посвящается*

**ВЕСТНИК
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕКЦИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

Отделение металлургии

Сборник научных трудов

Издается с 1994 г. ежегодно

Выпуск 43

Москва
Новокузнецк
2020

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

В 387

В 387 Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 43 / Редкол.: Е.В. Протопопов (главн. ред.), М.В. Темлянецв (зам. главн. ред.), Г.В. Галевский (зам. главн. ред.) [и др.]: Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк, 2020. – 272 с., ил.

Издание сборника статей, подготовленных авторскими коллективами, возглавляемыми действительными членами и членами-корреспондентами РАЕН, других профессиональных академий, профессорами вузов России. Представлены работы по различным направлениям исследований в области металлургии черных и цветных металлов и сплавов, порошковой металлургии и композиционных материалов, физики металлов и металловедения, экономики и управления на предприятиях.

Сборник реферируется в РЖ Металлургия.

Электронная версия сборника представлена на сайте <http://www.sibsiu.ru> в разделе «Научные издания»

Ил. 89, табл. 61, библиогр. назв. 276.

Редакционная коллегия: Аренс В.Ж., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН, вице-президент РАЕН, г. Москва; Райков Ю.Н., д.т.н., д.ч. РАЕН, председатель горно-металлургической секции РАЕН, ОАО «Институт Цветметобработка», г. Москва; Протопопов Е.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (главный редактор), СибГИУ, г. Новокузнецк; Темлянецв М.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Галевский Г.В., д.т.н., проф., д.ч. РАЕН (зам. главного редактора), СибГИУ, г. Новокузнецк; Буторина И.В., д.т.н., проф., СПбГПУ, г. Санкт-Петербург; Волокитин Г.Г., д.т.н., проф., д.ч. МАНЭБ, ТГАСУ, г. Томск; Медведев А.С., д.т.н., проф., д.ч. МАН ВШ, НИТУ «МИСиС», г. Москва; Максимов А.А., д.т.н., проф., г. Новокузнецк; Немчинова Н.В., д.т.н., проф., НИ ИрГТУ, г. Иркутск; Руднева В.В., д.т.н., проф. (отв. секретарь), СибГИУ, г. Новокузнецк; Спирин Н.А., д.т.н., проф., д.ч. АИН, УрФУ, г. Екатеринбург; Черепанов А.Н., д.ф.-м.н., проф., член РНК ТММ, ИТПМ СО РАН, г. Новосибирск; Юрьев А.Б., д.т.н., проф., СибГИУ, г. Новокузнецк.

УДК 669.1(06)+669.2/.8.(06)+621.762(06)+669.017(06)

ББК 34.3я4

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2020

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ И РУКОВОДИТЕЛЯХ АВТОРСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

Бабенко А.А.	д-р техн. наук, проф., Институт металлургии Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург
Галевский Г.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк
Козырев Н.А.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Немчинова Н.В.	д-р техн. наук, проф., ИрНИТУ, г. Иркутск
Нохрина О.И.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Оршанская Е.Г.	д-р пед. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Рожихина И.Д.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Руднева В.В.	д-р техн. наук, проф., СибГИУ, г. Новокузнецк
Темлянцев М.В.	д-р техн. наук, проф., д.ч. РАЕН, СибГИУ, г. Новокузнецк

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
МЕТАЛЛУРГИЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	8
<i>М.В. Темлянец, Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Современная металлургия: технологии, доминирующие тенденции, прогнозы	9
<i>Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин</i>	
Молибден в современной металлургии: состояние производства и металлопродукция	20
<i>Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин</i>	
Молибден в современной металлургии: минерально-сырьевая база и производство молибденовых концентратов.....	32
<i>И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, К.С. Ёлкин, М.А. Голодова</i>	
Современное состояние мирового и отечественного производства ферросплавов	47
<i>А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева</i>	
Металлизация оксиджелезосодержащих отходов с использованием различных углеродистых восстановителей.....	63
<i>И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, И.Е. Ходосов, К.С. Ёлкин</i>	
Изучение состава и характеристик шлаков рафинирования кремния	77
<i>К.С. Ёлкин, И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, А.В. Сивцов, И.М. Кашилев, А.И. Карлина, Д.К. Ёлкин</i>	
Анализ показателей производства кремния и ферросилиция с учетом генетических особенностей кварцитов	85
<i>А.А. Александров, В.Я. Дашевский</i>	
Термодинамический анализ растворения кислорода в никель-кобальтовых расплавах	95
<i>Д.А. Есенгалиев, А.З. Исагулов, С.О. Байсанов, А.С. Байсанов, О.В. Заякин</i>	
Термодинамика углеродо- и металлотермического восстановления марганца	102
<i>А.А. Бабенко, Р.Р. Шартдинов, А.Г. Уполовникова, А.Н. Сметанников, В.С. Гуляков</i>	
Исследование свойств высокоосновных борсодержащих шлаков	108
<i>К.С. Ёлкин, И.М. Кашилев, А.И. Карлина</i>	
Рафинирование кремния и кремнистых ферросплавов от примесей....	113
<i>А.З. Исагулов, Д.Р. Аубакиров</i>	
Причины образования и предупреждение литейных дефектов в мелющих шарах	120

Д.А. Лубяной, Р.О. Мамедов, С.В. Князев

Ресурсо- и энергосбережение в технологии получения стальных отливок с термовременной обработкой..... 126

Т.В. Ковалева, Е.Н. Еремин

Повышение эксплуатационных характеристик оболочковой формы.. 133

А.В. Кожевников, А.С. Смирнов, Ю.В. Платонов

Исследование возникновения вибраций при холодной прокатке полосы..... 138

Е.А. Пинаев, М.В. Темлянец, Е.Н. Темлянцева, Н.И. Кувшинникова

исследование химического и фазового состава продуктов коррозии чугуновых секций газосборного колокола алюминиевых электролизеров
ЭкоСодерберг 144

Н.В. Немчинова, А.А. Яковлева, А.А. Тютрин, О.П. Гудкова

Опробование песков прибайкалья в качестве барьерных материалов для алюминиевого электролизера 152

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ..... 158

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, А.Е. Аникин, Т.И. Алексеева

Исследование механизма образования карбида циркония в условиях плазменного потока азота 159

Д.К. Ёлкин, К.С. Ёлкин, А.В. Сивцов

Научные и технологические основы получения «активного» карбида кремния 171

ФИЗИКА МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ 175

А.М. Анасов

Явление формирования металлической связи между атомами соприкасающихся свободных поверхностей трещиноподобных дефектов при воздействии излучения оптического квантового генератора 176

А. Х. Хакимов, Т.М. Умарова, И. Н. Ганиев, Н.Р. Эсанов

Анодное поведение алюминиевого-железового сплава АЖ 2,18 с иттрием, гадолинием и эрбием, в среде электролита 0,3 %-ного NaCl..... 180

Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, К.А. Бутакова, А.Н. Гостевская, А.А. Усольцев

Изучение микроструктуры сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ 187

Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А.Н. Гостевская, К.А. Бутакова, А.А. Усольцев

Влияние режимов контактной стыковой сварки на неметаллические включения в металле рельсовой стали Э76ХФ..... 195

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ... 201

Л.Н. Шевелев

Повышение энергоэффективности и экологической безопасности
доменного и сталеплавильного производств 202

С.Г. Галевский

Субъектно-ориентированный подход в оценке доходности
металлургических компаний..... 208

С.Г. Галевский

Оценка эффективности металлургических инвестиционных проектов на
основе корректного учета рисков 216

Е.Л. Медиокритский

Утилизация твердых бытовых отходов в польше: подходы и опыт
решения вопросов..... 226

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 234

М.В. Темлянец, Г.В. Галевский

Подготовка кадров для современной металлургии: задачи. Инновации.
Перспективы. (итоги тематической деловой встречи) 235

Е.Г. Оршанская

Применение дистанционных технологий в процессе изучения
иностранных языков в вузе 239

Р.И. Ким, Я.Ю. Хомичев, О.А. Угольников

Оценка физической подготовленности обучающихся как показатель
эффективности физического воспитания в вузе. 245

О.А. Угольникова, Р.И. Ким, Е.Е. Григораиш

Сопоставительные нормативы для оценки физической и функциональной
подготовленности женщин-борцов 249

ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ И БИОГРАФИИ 255

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Синтез алмазов: развитие теории и технологические прогнозы
профессора О.И. Лейпунского (к 110-летию со дня рождения и 80-летию его
великого открытия) 256

Г.В. Галевский, В.В. Руднева, Д.Н. Воробьева

Профессор Т. Холл – ученый, технолог, конструктор (к 100-летию со дня
рождения)..... 263

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ..... 270

М.В. Темлянец, Г.В. Галевский

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ: ЗАДАЧИ. ИННОВАЦИИ. ПЕРСПЕКТИВЫ. (ИТОГИ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ДЕЛОВОЙ ВСТРЕЧИ)

Определены задачи, требующие первоочередного решения для успешного развития кадрового потенциала металлургии Кузбасса, повышения качества высшего металлургического образования и содействию трудоустройству выпускников на металлургических предприятиях.

The tasks requiring a priority solution for the successful development of the personnel potential of Kuzbass metallurgy, the improvement of higher metallurgical education and the promotion of employment of graduates at mining enterprises have been identified.

Встреча проведена 12 февраля 2020 в рамках научно-деловой программы II Сибирского научно-образовательного форума и XXII специализированной выставки-ярмарки «Образование. Карьера». Во встрече приняли участие АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс», Администрация г. Новокузнецка (Комитет по делам молодежи, Отдел перспективного развития промышленности и инновационной политики), ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (ректорат, Институт металлургии и материаловедения, Институт машиностроения и транспорта, Институт информационных технологий и автоматизированных систем, Институт дополнительного образования, Центр СТВ «Карьера»), Центр занятости г. Новокузнецка, Ассоциация «Молодежная площадка профессиональных металлургов», АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (Дирекция по персоналу и социальным вопросам), АО «РУСАЛ Новокузнецк», АО «РУСАЛ Саяногорск», АО «Кузнецкие ферросплавы», АО «Гурьевский металлургический завод», ООО «Западно-Сибирский электрометаллургический завод», ООО «Сорский ферромолибденовый завод», ООО Объединенная компания «Сибшахтострой», ГК «Сибирская горно-металлургическая компания», ООО «УК УНИВЕРСАЛ», ООО «Регионстрой», АО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций имени Н.Е. Крюкова», ООО «Кузнецкие металлоконструкции», ООО «Сибэлектро», ООО «УК Сибпроект», АО «Органика», ООО ПТП «Сибэнергочермет», ООО «Центральная ТЭЦ», АО Западно-Сибирская ТЭЦ «Запсиб-ТЭЦ», АО «Западно-Сибирский испытательный центр», ООО «Экология и мониторинг», ОЮЛ «Кузбасская Ассоциация переработчиков отходов», ООО «Экопрофи», Юргинский технологический институт – филиал ТПУ, НФ Куз-

ГТУ, ГПОУ «Кузнецкий металлургический техникум», ГПОУ «Кузнецкий индустриальный техникум», ГПОУ «Новокузнецкий транспортно-технологический техникум».

Встречу открыл ректор СибГИУ профессор Е.В. Протопопов, охарактеризовавший особенности подготовки кадров для реального сектора экономики Кузбасса и России в условиях реформирования государственной системы высшего образования. С докладами и сообщениями выступили:

– Дементьева Н.Н., первый заместитель директора НОЦ «Кузбасс» – «Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»: задачи, направления, перспективы»;

– Галевский Г.В., директор Института металлургии и материаловедения СибГИУ – «СибГИУ – ведущий центр высшего металлургического образования Кузбасса и России»;

– Калиногорский А.Н., ответственный секретарь приемной комиссии ИМиМ СибГИУ – «Металлургическое притяжение или отталкивание: поиск будущих металлургов»;

– Домнышев А.В., начальник Управления планирования и развития персонала ЕВРАЗ. Дивизион «Сибирь» – «Кадровая политика ЕВРАЗ ХОЛДИНГА и АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;

– Морин С.В., директор Института дополнительного образования СибГИУ – «Повышение квалификации и профессиональная переподготовка технологического персонала металлургических предприятий»;

– Савчук В.М., директор Центра занятости г. Новокузнецка – «Состояние регионального рынка труда»;

– Гордеева А.Д., начальник отдела по работе с персоналом и социальным вопросам АО «Кузнецкие ферросплавы» – «Взаимодействие АО «Кузнецкие ферросплавы» и СибГИУ в решении кадровых задач»;

– Слободчиков А.В., менеджер отдела развития персонала и корпоративных программ АО «РУСАЛ Новокузнецк» – «Кадровая политика ОК РУСАЛ и АО «РУСАЛ Новокузнецк»;

– Крюков Р.Е., заместитель главного технолога АО «НЗРМК имени Н.Е. Крюкова» – «Подготовка специалистов сварочного производства для НЗРМК имени Н.Е. Крюкова в условиях СибГИУ»;

– Дугинов Е.В., заместитель директора по образовательным проектам НОЦ «Кузбасс» – «Новые образовательные проекты в России и Кузбассе»;

– Трапезникова А.В., руководитель студенческого кадрового агентства «Перспектива» СибГИУ – «Профессиональный старт в металлургии: подготовка, ожидания, реалии»;

– Василенко А.В., руководитель пресс-службы АО «Русал Новокузнецк» – «Специалистов готовим сами: выявляем, формируем, выбираем и развиваем»;

– Ковальский И.Н., главный сварщик АО «НЗРМК имени Н.Е. Крюкова» – «Возврат к подготовке инженеров-металлургов неизбежен».

На встрече обсуждены состояние металлургии Кузбасса и ее кадрового потенциала и инфраструктуры, образовательные возможности СибГИУ как ведущего центра металлургического образования Кузбасса и России, эффективность партнерского взаимодействия образовательных учреждений с предприятиями в вопросах профориентации молодежи, освоения инновационных технологий обучения, организации и проведения производственных практик, создания привлекательных для выпускников адаптационных моделей, первоочередные задачи подготовки кадров для металлургии и среднесрочные перспективы.

Отмечается. Металлургия Кузбасса составляет основу сибирского металлургического кластера России. В структуре промышленного областного сектора металлургия занимает 2-е место после угледобычи и переработки с объемом 26,6 % от выручки ПС. Эти две отрасли обеспечивают общероссийские приоритеты Кемеровской области в производстве таких важнейших видов промышленной продукции, как трамвайные рельсы – 100 %, магистральные рельсы – 65 %, уголь и угольный концентрат – 58,5 %, ферросилиций – 52,6 %, прокат – 10,7 %, сталь – 9,9 %. Металлургический комплекс включает семь предприятий и географически размещен в трех городах: Новокузнецк, Гурьевск, Юрга. Металлургической столицей Кузбасса является Новокузнецк. На территории города функционирует 4 металлургических предприятия, среди которых ЗСМК является безусловным лидером.

Численность работающих в металлургии – 29 тыс. (2 % от трудоспособного населения), потребление электроэнергии от общекузбасского 28,5 %, водопотребление 2 млн. руб. м., выбросы ОЗВ 300 тыс. т.

СибГИУ наряду с УрФУ является ведущим центром высшего металлургического образования России. В рамках его Института металлургии и материаловедения функционирует 5 профильных кафедр, подготовка для металлургии и ее инфраструктуры ведется по 6 направлениям, 17 профилям и 3 уровням (бакалавриат, магистратура, аспирантура) с ежегодным выпуском в среднем 200 человек. Ежегодная емкость рынка труда в металлургии Кузбасса оценивается на уровне 2000-2400 чел.

Констатируется:

– вузы России работают в условиях непрерывного реформирования государственной системы ВО и необоснованного изменения многих нормативов (соотношение преподаватель / количество обучающихся 1:13, аудиторной и самостоятельной нагрузки 1:2, убыль контингента обучающихся не более 9%, фактическое исключение профессиональной занятости выпускников магистратуры и аспирантуры на должностях ассистентов и старших преподавателей, весьма умеренный базовый уровень оплаты доцентов и профессоров, гипертрофирование ЭИОС вузов и колоссальная занятость преподавателей в формировании и актуализации для нее необходимых баз данных);

– переход от инженерной подготовки к бакалавриату в области высшего металлургического образования привел к разрушению сложившихся десятилетиями традиций и научно-технологических школ, закрытию профильных

кафедр и факультетов, уходу из профессии преподавателей с учеными степенями и званиями различных возрастных групп, особенно молодых, снижению качества подготовки, отказу целого ряда вузов от реализации ООП металлургической направленности;

- постоянно снижается привлекательность металлургии как будущей сферы профессиональной деятельности у выпускников школ России и Кузбасса – 17-18 место в рейтинге профессиональных предпочтений. В структуре студентов-металлургов первого курса СибГИУ в 2019 году доля выпускников школ Кузбасса составило 9,2 %, работников предприятий 54,7 %, иностранцев 23,3 %, выпускников СПО и НПО 13,3 %;

- как следствие отмечается невысокая в целом подготовленность принятых на обучение и уровень освоения ими ООП ВМО;

- неуклонно снижается количество выпускников ВМО, желающих работать на металлургических предприятиях: в 2015 году их количество составляло – 60 %, в 2019 – 40 %.

Определены задачи, требующие первоочередного решения для успешного развития кадрового потенциала металлургии Кузбасса, повышения качества высшего металлургического образования и содействия трудоустройству выпускников на металлургических предприятиях:

- объединение усилий металлургических предприятий и образовательных учреждений в реализации традиционных и генерации новых действенных форм и методов профориентационной работы;

- активизация и расширение металлургическими предприятиями форм взаимодействия с обучающимися по ООП ВМО на всех уровнях обучения (целевой прием, корпоративные стипендии, организация и проведение производственных практик с освоением рабочих профессий, гарантированное трудоустройство, воспринимаемые выпускниками «зарплатные» и «социальные» проекты);

- приведение металлургическими предприятиями реализуемых ими производственных адаптационных моделей и систем работы с молодыми специалистами в соответствие с реальными условиями жизни в Кузбассе и занятости в металлургических производствах.