

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Администрация Правительства Кузбасса**

**Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»**

**Сибирский государственный индустриальный университет**

*Посвящается 100-летию  
со дня рождения ректора СМИ,  
доктора технических наук,  
профессора Н.В.Толстогузова*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:  
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО  
«Металлургия – 2021»**

*Труды*

*XXII Международной научно-практической конференции*

*10 – 11 ноября 2021 г.*

*Часть 2*

**Новокузнецк  
2021**

УДК 669(06)+658.012.056(06)  
М 540

Редакционная коллегия  
д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,  
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,  
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, к.т.н. Е.Н. Темлянцева,  
д.т.н., доцент В.В. Зимин, д.т.н., профессор А.Г. Никитин,  
к.э.н., доцент Ю.С. Климашина

М 540      Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXII Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2021. – 342 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии процессов сварки, порошковой металлургии, получения композиционных материалов и покрытий, тепло- и массопереноса в металлургических процессах и агрегатах, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов, охраны труда, автоматизации и моделирования металлургических процессов, инновационных металлургических технологий в машиностроении, экономико-управленческих проблем металлургических регионов.

#### **ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

Администрация Правительства Кузбасса  
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»  
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»  
АО «Русал-Новокузнецк»  
АО «Кузнецкие ферросплавы»  
АО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова»  
Ляонинский университет науки и технологии, г. Аньшань, КНР  
ОАО «Черметинформация»  
Издательство Сибирского отделения РАН  
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»  
Журнал «Вестник СибГИУ»  
Журнал «МАТЕС Web of Conferences »  
Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»  
АО «Кузбасский технопарк»  
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук  
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2021

лургического сырья / В.В. Ожогин. – Мариуполь: – ПГТУ. – 2010. – 442 с.

2. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

3. Патент № 2750432 Россия, МКИ<sup>7</sup> C22B 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02. Заявл. 09.10.2020; Опубл. 28.06.2021. Бюл. №19 // Изобретения. Полезные модели. 2020. – № 19.

4. Евдокимов А.Ю. Комплексная схема переработки отработанных масел и смазок / А.Ю. Евдокимов А.Ю. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия – 1990. 1. – С. 28–31.

5. Школьников В. М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости / В. М. Школьников. – Москва : Химия, 1989. – С. 122–124.

6. Непогодьева А. В. Химический состав отработанного моторного масла / А. В. Непогодьева // ХТТМ. – 1974. – № 12. – С. 50–53.

7. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.

8. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК 631.52(575.2)

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОЗЕМОВ И РАСТЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК**

**Захарова М.А., Водолеев А.С., Домнин К.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк, Россия, marina-shentsova@mail.ru*

***Аннотация.** Материалы данной статьи включают полученные экспериментальные данные о химическом составе минерального субстрата хвостохранилища Абагурской аглофабрики и рекультивированных его участков – техноземов, куда были внесены осадки сточных вод (ОСВ) в качестве почвоулучшителей. Особый интерес представляют обнаруженные на изучаемом объекте тяжелые металлы и их соли, которые являются главным препятствием для создания устойчивого растительного покрова, способного предотвратить загрязнение пригородной зоны г. Новокузнецка. В статье также отражена динамика содержания тяжелых металлов на протяжении двух лет проведения рекультивационных работ с использованием ОСВ без добавления извести и в её присутствии.*

***Ключевые слова:** хвостохранилище, тяжелые металлы, осадки сточных вод, почвоулучшители, рекультивация, субстрат, техноземы, ПДК.*

## **CONTENT OF HEAVY METALS AND CHEMICAL COMPOSITION OF TECHNOZEMES AND PLANTS OF THE TAIL DEPOSIT OF OJSC ABAGUR AGRICULTURAL PROCESSING FACTORY, NOVOKUZNETSK**

**Zakharova M. A., Vodoleev A. S., Domnin K. I.**

*Siberian State Industrial University,  
Novokuznetsk, Russia, marina-shentsova@mail.ru*

***Abstract.** The materials of this article include the obtained experimental data on the chemical composition of the mineral substrate of the tailing dump of the Abagur sinter plant and its reclaimed areas - technozems, where sewage sludge (WWS) was introduced as soil improvers. Of particular interest are the heavy metals and their salts found at the object under study, which are*

*the main obstacle to the creation of a stable vegetation cover that can prevent pollution of the suburban area of Novokuznetsk. The article also reflects the dynamics of the content of heavy metals over two years of reclamation work using WWS without adding lime and in its presence.*

**Keywords:** *tailing dump, heavy metals, sewage sludge, soil cultivators, reclamation, substrate, technozems, maximum permissible concentration.*

При проведении полевого эксперимента на хвостохранилище Абагурской аглофабрики в составе осадков сточных вод обнаружены три вида загрязнителей: тяжелые металлы, органические соединения и патогенная микрофлора. Последняя объединяет в себе большую группу болезнетворных бактерий, простейших и других потенциально опасных для жизнедеятельности организма животных и человека микроорганизмов. Большую опасность представляют также тяжелые металлы, что обусловлено относительной стабильностью их нахождения в природе, по сравнению с двумя другими загрязнителями. Среди прочих особо выделяют химические элементы с низким природным содержанием в почве, но широко вовлекаемые в круговорот антропогенной деятельностью (ртуть, селен, кадмий, мышьяк). Следует отметить, что действующая система нормирования по очень небольшому числу элементов не учитывает конкретные региональные почвенно-климатические особенности и процессы самоочищения почвы и существенно ограничивает уровень использования потенциальных почвоулучшителей.

На примере цинка установлено, что такие параметры почв, как pH, содержание органического вещества, катионообменная способность, определяют процессы его перераспределения в различных частях почвы. Миграция Zn из кислых почв происходит достаточно активно в первые 30 дней, затем повышается доля органически связанного Zn, а в щелочных – связанного с оксидами Fe различной структуры, оксидами Mn. Предполагается, что со временем эта связь усиливается, а возможность выноса – уменьшается. Однако в щелочных почвах возможно разрушение органического вещества и освобождение Zn. Подчеркивается, что основной параметр, определяющий процесс связывания Zn, является pH почвы. Отмечается также, что определение реальных концентраций тяжелых металлов в техногенных породах затрудняется наличием аморфных оксидов в форме защищенных от воздействия растворителя комплексов, что приводит к загрязнению проб сопутствующими металлами. Использование мелиорирующих добавок, таких как, торф, глина, известь, оказывает влияние на уровень почвенной кислотности и обменные свойства почвы и могут корректировать формы нахождения металлов [1].

Внесение ОСВ сопровождается увеличением содержания органического материала и фракций физической глины, что повышает сорбционную способность почвы и, следовательно, приводит к повышению содержания в ней металлов. Последующее разложение органического вещества приводит к снижению сорбционной способности и повышению биологической доступности металлов [2]. Чем выше сродство к органическим соединениям, тем в большей степени ионы металла нестабильны: степень их выделения находится в следующем порядке Cu>Pb>Cr>Zn. Внесение ОСВ также сопровождается изменением значения pH, что с одной стороны ведет к снижению подвижности металлов в результате комплексообразования, но опасности образования растворимых металлоорганических комплексов.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что размещение ОСВ на территории хвостохранилища не ухудшает показатели химического состава и санитарно-гигиенического состояния воды из канала ливневых стоков. Качество воды до и после размещения ОСВ по бактериальным, вирусологическим, гельминтологическим и радиологическим показателям остаются без изменений; контролируемые в воде показатели химического состава – на уровне фоновых. Размещение ОСВ на хвостохранилище Абагурской аглофабрики в составе двух типов органоминеральных субстратов (ОСВ + хвосты) и (ОСВ + известь + хвосты) не вносит дополнительных загрязняющих веществ, за исключением нитратов (1,3 ПДК для почв). Содержание валовых форм ртути, свинца и подвижных форм меди, цинка, никеля, свинца и кадмия – на уровне их концентрации в исходных хвостах. Содержание ва-

ловых форм ванадия, сурьмы, хрома, сероводорода, подвижных форм марганца, хрома, кобальта и водорастворимого фтора – в пределах ПДК для почв. Концентрация полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и хлорорганических пестицидов – на уровне и ниже фонового загрязнения почв промышленного центра города.

Анализ химического состава опытных растений, произрастающих на техноземах, показал, что у большинства растений по визуальной оценке находящихся в угнетенном состоянии происходит накопление цинка, меди. Высокое содержание никеля, бария и стронция по сравнению с фоновым обнаружено в 1-ый год рекультивации у сныти, щирицы и полыни. Ни в одном из исследованных растений не обнаружен кадмий. Мышьяк обнаружен только в щирице. Высокая концентрация кобальта относительно его содержания в органоминеральном субстрате вероятно вследствие загрязнения надземной части растений с частицами, приносимыми ветром, и оседающими (налипающими) в опушении листьев и соцветиях. Для оценки накопления токсичных элементов на поверхности органического слоя отбор биомассы растений проводили в конце вегетационного периода. Для снижения затрат целесообразно исследовать только те элементы, содержание которых по результатам первых двух лет рекультивации сопоставимы и превышают фоновую концентрацию или ПДК: Zn, Cu, Ni, Co, Sr, Ba, Fe, Al, а также дополнительно Cd и As.

На рисунке 1 представлена динамика содержания подвижных форм Cu, Zn, Pb, Ni, Mn, Cr, Cd и Co в первые два года рекультивации хвостохранилища. За базу сравнения, равную единице, приняты предельно-допустимые в почвах концентрации тяжелых металлов.

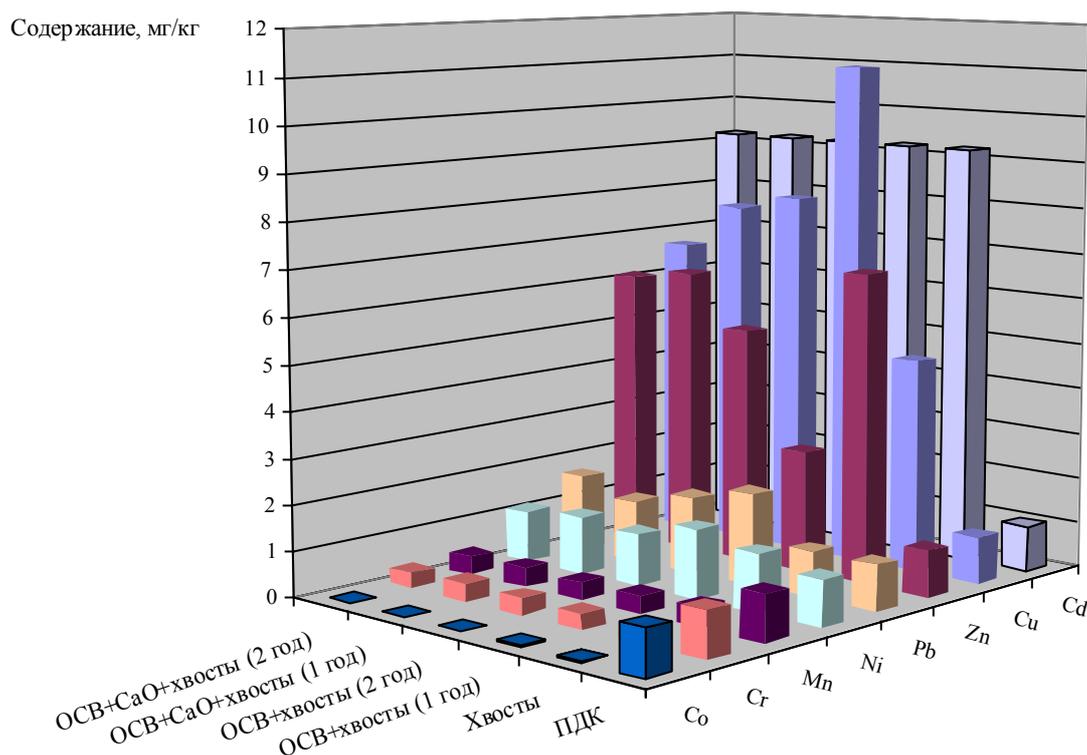


Рисунок 1 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в техноземах, обработанных и необработанных известью при сравнении с ПДК в почве (база сравнения принята за 1) в 1-ый и 2-ой годы биологической рекультивации

Исследования показали, что концентрация кобальта во всех материалах равна 0,08 мг/кг, что существенно ниже предельно-допустимой концентрации кобальта в почвах – 5 мг/кг. Концентрация подвижных форм хрома и марганца также ниже ПДК (ПДК<sub>Cr</sub> – 6 мг/кг, ПДК<sub>Mn</sub> – 700 мг/кг) и меняется в исследуемых материалах незначительно: Cr – от 2 до 2,3 мг/кг; Mn – от 268 до 312 мг/кг. Содержание никеля в хвостах и в техноземах в первые

два года рекультивации находится в пределах от 4,5 до 6 мг/кг, т.е. в 1,13 – 1,50 раза выше допустимой для почв концентрации (4 мг/кг). Концентрация свинца в хвостах равна предельно-допустимой (6 мг/кг), в органоминеральных субстратах – 8 – 10 мг/кг, что в 1,33 – 2 раза выше предельно допустимого. Наиболее существенным является загрязненность хвостов и техноземов цинком, медью и кадмием.

Содержание цинка – в 2,7 – 6,7 раза выше ПДК, причем максимальное его содержание отмечено в хвостах – 155 мг/кг (6,7 ПДК). Содержание меди во всех материалах выше фонового (14 мг/кг): 33 и 24 мг/кг в субстрате (ОСВ + хвосты) и 23 и 20 мг/кг в субстрате (ОСВ + СаО + хвосты) соответственно в 1-ый и 2-ой годы биологической рекультивации.

Максимальное содержание меди (11 ПДК) отмечено в органоминеральном субстрате (ОСВ+хвосты) в 1-ый год рекультивации, во 2-ой год – несколько ниже (8 ПДК). В субстрате (ОСВ + СаО + хвосты) – 7,7 ПДК в 1-ый год рекультивации и 6,7 ПДК в во 2-ой год. Во всех материалах содержание кадмия составляет 2,2 мг/кг, что в 3,9 раза выше ПДК (0,56 мг/кг).

Таким образом, в техноземах хвостохранилища Абагурской аглофабрики, исследованных в течение вегетационного периода после двух лет проведенной рекультивации, установлено:

- концентрации кобальта, хрома и марганца находятся на уровне ПДК и ниже. Динамика их содержания в течение 2-х лет меняется незначительно;

- содержание никеля находится в пределах от 4,5 до 6 мг/кг, т.е. в 1,13 – 1,50 раза выше допустимой для почв концентрации (ПДК этого металла в почве равно 4 мг/кг). Концентрация свинца в хвостах равна 8 – 10 мг/кг, что в 1,3 – 2 раза выше предельно допустимого уровня.

- наиболее существенным является загрязненность цинком, медью и кадмием: максимальное содержание цинка отмечено в хвостах – 155 мг/кг. Содержание меди во всех материалах выше фонового: 20 мг/кг в субстрате с известью. Но о токсичном воздействии цинка и меди на рост и развитие растений сведений мало. Оба элемента – необходимые участники биохимических процессов в растениях. Во всех материалах содержание кадмия составляет 2,2 мг/кг, что в 3,9 раза выше ПДК (ПДК<sub>Сд</sub> 0,56 мг/кг). Кадмий относится к элементам 1 класса опасности, но ПДК его подвижных форм не установлена.

#### Библиографический список

1. Касатиков В. А., Рунин В.Е., Касатикова С. М., Шабардина Н. П. Влияние осадков городских сточных вод на микроэлементный состав дерново-подзолистой супесчаной почвы // *Агрохимия*. – 1992. – №4. – С. 85 – 95.

2. Hooda P.S., Alloway B.J. Sorption of Cd and Pb by selected temperate and semi-arid soils: effects of sludge application and ageing of sludged soils // *Water, Air., and Soil Pollut.* – 1994. – V. 74 – № 3 – P. 235 – 250.

УДК 620.92

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ НА ПЛОЩАДКЕ РАЗРЕЗА

**Мурко В.И., Черникова О.П., Сентюрев С.А, Амлин М.С.**

***Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк, Россия, chernikovaop@yandex.ru***

**Аннотация.** Угольные запасы России по данным Мирового энергетического совета составляют 4108 млрд. т, из них 33.6 % – бурые угли. Продукция, получаемая в результате их добычи, характеризуется низкой теплотой сгорания, высокой обводненностью, плохо хранится и транспортируется. Ее целесообразно использовать сразу после завершения производственного цикла горного предприятия. В связи с этим развитие угольных технологий, в том числе газификации, представляет особый интерес для отечественных угольных компаний. На основании проведенных экспериментальных исследований авторским коллективом

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.....</b>	<b>4</b>
КОМБИНИРОВАННАЯ НАПЛАВКА ПРОВОЛОКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОПОРОШОК ВОЛЬФРАМА <i>Зернин Е.А., Козырев Н.А., Данилов В.И., Кузнецов М.А.</i> .....	4
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ШЛАКА ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Громов В.Е., Усольцев А.А., Крюков Р.Е.</i> .....	11
ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АДДИТИВНО ИЗГОТОВЛЕННОГО AL-MG СПЛАВА, ОБРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ <i>Гэн Я., Панченко И.А., Чэнь С., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В.</i> .....	16
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ОБРАЗОВАНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИН НА ПРОДОЛЬНОМ СВАРНОМ ШВЕ ТРУБЫ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА <i>Жуков Д.В., Коновалов С.В., Чэнь Д.</i> .....	19
СЕЛЕКТИВНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЦЕМЕНТАТА ПРОИЗВОДСТВА ЗОЛОТА <i>ЗеляхЯ.Д., Краюхин С.А., Шунин В.А., Воинков Р.С., Тимофеев К.Л., Королев А.А., Мастюгин С.А., Кузьменко А.А.</i> .....	23
КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНО – МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ АЗОТА <i>Малушин Н.Н., Громов В.Е., Романов Д.А., Бащенко Л.П., Ковалев А.П.</i> .....	28
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ МАРКИ 40Х МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ <i>Кашин С.С., Осколкова Т.Н., Шевченко Р.А.</i> .....	34
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr- W-V-Ti <i>Кибко Н.В., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р., Сычев А.А.</i> .....	36
О МЕХАНИЗМЕ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО И КАРБИДОБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ <i>Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Гудыма Т.С., Сквородин И.Н., Лапкин Н.И., Лазаренко Н.С., Шестаков А.А.</i> .....	41
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИАПАЗОНА ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ПОРОШКОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА $V_4C-CrB_2$ <i>Шестаков В.А., Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Уваров Н.Ф., Крутская Т.М.</i> .....	45
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИБОРИДА ХРОМА НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Ширяева Л.С., Ноздрин И.В.</i> .....	49
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ПАСТ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ <i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М., Кучумова И.Д.</i> .....	56
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ДУГОВОГО ПЛАЗМЕННОГО РЕАКТОРА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТУГОПЛАВКИХ ОКСИДОВ <i>Ноздрин И.В., Полях О.А., Ширяева Л.С., Строкина И.В., Шагиев Э.Р.</i> .....	62

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА (III) В ДУГОВОМ ПЛАЗМЕННОМ РЕАКТОРЕ <i>Ноздрин И.В., Шагиев Э.Р., Строчкина И.В., Аникин А.Е.</i> .....	66
Трибологические характеристики упрочненных поверхностей концентрированными потоками энергии сплава ВК10КС <i>Осколкова Т.Н., Симачев А.С., Фастыковский А.Р.</i> .....	70
Повышение надежности и долговечности деталей металлургического оборудования работающего в условиях интенсивного износа путем наплавки <i>Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А., Сычев А.А.</i> .....	74
Совершенствование технологии наплавки порошковой проволоки прокатных валков. <i>Полегешко С.А., Казарян Л.А., Комаров А.А., Михно А.Р., Шевченко Р.А.</i> .....	80
Порошковая проволока системы Fe-C-W-Cr-Si-V-Ti для восстановительной наплавки деталей, работающих в условиях высокотемпературного интенсивного износа <i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Сычев А.А., Козырева О.А.</i> .....	83
Модифицирование 3D принтера для изготовления металлических материалов по технологии проволоочно-дугового аддитивного производства <i>Розенштейн Е.О., Гомзяков Б.В., Осинцев К.А., Коновалов С.В.</i> .....	87
Высокоэнтропийные сплавы CoCrFeNiMn с прямым лазерным напылением: взаимосвязь между высотой осаждения пор <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С.</i> .....	90
Влияние биоинертных покрытий на распределение напряжений на границе между имплантатом и костной тканью <i>Филяков А.Д., Соснин К.В., Романов Д.А.</i> .....	93
Исследование влияния термоограничителей на изменение формирования структуры наплавленных многослойных образцов из стали AISI 308LSI <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Дубровский А.С., Рзаев Е.Д.</i> .....	100
<b>СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ</b> .....	109
Анализ возможности снижения выбросов CO <sub>2</sub> при замене углерода водородом в доменной плавке <i>Бородин А.В., Степанова А.А., Вохмякова И.С., Берсенев И.С., Гилева Л.Ю., Загайнов С.А.</i> .....	109
Опыт использования техногенных территорий для организации экологических исследований обучающихся СибГИУ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Домнин К.И.</i> .....	115
Использование природных ресурсов Томской области в черной металлургии <i>Строчкина И.В., Ноздрин И.В., Полях О.А., Якушевич Н.Ф.</i> .....	118
Исследование минералогического и фазового составов обезуглероженных слоев ковшевых алюмопериоклазоуглеродистых огнеупоров <i>Темлянцев М.В., Протопопов Е.В., Кувшинникова Н.И., Запольская Е.М., Темлянцева Е.Н., Бивол О.В.</i> .....	122
Переработка мазутных отходов тепловых электростанций <i>Кашеков Д.Ю., Гончаров К.В., Олюнина Т.В., Садыхов Г.Б., Смирнова В.Б.</i> .....	126

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В МЕТАЛЛУРГИИ И ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Нарский В.А., Смаковский В.Н., Лубяной Д.А.</i> .....	129
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ОКУСКОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Павловец В.М.</i> .....	134
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНВЕРТОРА ЗА СЧЕТ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ <i>Стерлигов В.В., Гайдаш А.В.</i> .....	143
СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Ермаков А.Ю., Сенкус Вас.В., Гизатулин Р.А., Сенкус Вал.В.</i> .....	147
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ПЛОЩАДКЕ НЕФТЕПРОМЫСЛА <i>Соловьев А.К., Данилкин Д.О., Кошкина Г.К.</i> .....	151
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ БЛЮМИНГА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Г. НОВОКУЗНЕЦКА <i>Соловьев А.К., Мотуз А.О., Кошкина Г.К.</i> .....	154
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В ТЕХНОЛОГИИ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i> .....	159
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОЗЕМОВ И РАСТЕНИЙ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК <i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Домнин К.И.</i> .....	163
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНЫХ УГЛЕЙ НА ПЛОЩАДКЕ РАЗРЕЗА <i>Мурко В.И., Черникова О.П., Сентюрев С.А, Амлин М.С.</i> .....	166
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ <i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С.</i> .....	174
<b>СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b> .....	182
АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ МЕТАЛЛА В СТАЛЕРАЗЛИВОЧНОМ КОВШЕ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ЦЕХА № 2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК <i>Корнет М.Е, Раскина А.В, Корнеева А.А.</i> .....	182
МНОГОВАРИАНТНЫЕ АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ <i>Киселева Т.В.</i> .....	189
ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ <i>Мышляев Л.П., Грачев В.В., Ивушкин К.А., Венгер К.Г.</i> .....	194
ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И МОДИФИКАЦИЯ МАТРИЦЫ ДВУХФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА <i>Стерлигов В.В.</i> .....	199

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА РЕЛЬСОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО СИСТЕМЕ «ПЧ-СД» С ДВУХЗОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТИ <i>Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Зайцев Н.С.</i> .....	204
ПРИМЕНЕНИЕ НАТУРНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Свинцов М.М., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Скударнова Н.В.</i> .....	213
ФОРМИРОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ТРЕНАЖЁРОВ ОПЕРАТОРОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Ляховец М.В., Макаров Г.В., Саламатин А.С.</i> .....	217
<b>СЕКЦИЯ 6: ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ</b> .....	225
ВАРИАНТЫ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ПОЛОМОК В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ И НЕДОСТАТОЧНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ <i>Артюх В.Г., Корихин Н.В., Чернышева Н.В., Чигарева И.Н.</i> .....	225
КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гудимова Л.Н.</i> .....	232
ВНЕДРЕНИЕ САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ПЛАНЕТАРНЫХ МОТОР-РЕДУКТОРОВ НА ПРИВОДАХ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ СТАЛЕПРОКАТНОГО ЦЕХА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Никитин А.Г., Герасимов С.П.</i> .....	240
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН <i>Никитин А.Г., Шабунев М.Е., Курочкин Н.М.</i> .....	245
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА ЖИДКОСТНОГО ТРЕНИЯ С МАРТЕНСИТНЫМИ ВАЛИКАМИ <i>Никитин А.Г., Полищук С.В.</i> .....	248
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МНЛЗ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Савельев А.Н., Северьянов С.С., Макаров А.В.</i> .....	253
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ. <i>Савельев А.Н., Савельева Е.А.</i> .....	259
ИССЛЕДОВАНИЕ ШТАНГИ ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ С ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО <i>Корнеев В.А., Корнеев П.А., Бедарев С.А., Кулебакин И.И.</i> .....	264
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА СИНЕРГЕТИЧЕСКИ ОРГАНИЗОВАННОЙ ЭМИССИИ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ <i>Савельев А.Н., Анисимов Д.О., Карташов Р.Н.</i> .....	266
<b>СЕКЦИЯ 7: ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ</b> .....	273
АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ <i>Шипунова В.В., Климашина Ю.С.</i> .....	273
СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИКИ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Буланов Ю.Н.</i> .....	278

НЕКОТОРЫЕ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ <i>Ковалева Е.В., Цымбалюк М.В., Жданова Н.Г.</i> .....	286
НОРМИРОВАНИЕ ПРОСТОЕВ ВОЛОЧИЛЬНЫХ СТАНОВ <i>Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i> .....	290
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА В ПРОКАТНЫХ ЦЕХАХ <i>Фастыковский А.Р., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.</i> .....	296
ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА <i>Гизатулин Р.А., Мусатова А.И., Лепихов В.С.</i> .....	302
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА <i>Куценко А.И., Кольчурина И.Ю.</i> .....	308
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Черникова О.П., Златицкая Ю.А., Нестерова Т.В.</i> .....	313
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕКЛАМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ АКТИВОВ <i>Черникова О.П., Шевченко А.А.</i> .....	321
АДАПТАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ВСТРАИВАНИЯ КАЧЕСТВА В ПРОЦЕСС ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКАХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ <i>Булакина Е., Кетова А., Моисеев В., Почуфаров Д., Недзельская О., Бикинеева А.</i> .....	330

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:  
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**  
*«Металлургия – 2021»*

Труды XXII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор	Г.А. Морина
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 20.10.2021 г.  
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 19,8 Уч.-изд. л. 22,1 Тираж 300 экз. Заказ № 235

Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Издательский центр СибГИУ