Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТАЛЛУРГИЯ: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО

«Металлургия – 2022»

Труды

XXIII Международной научно-практической конференции

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 2

Новокузнецк
2022

ISSN 2542-1670

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 С.В. Коновалов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., доцент Д.А. Чинахов,
к.т.н. Р.А. Шевченко, к.т.н., доцент О.А. Полях,
к.т.н. Е.Н. Темлянцева, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 Металлургия : технологии, инновации, качество : труды XXIII Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и практики металлургических процессов, технологий обработки материалов, автоматизации, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов металлургического производства.

Конференция проводится ежегодно.

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»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

УДК 669

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ

Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия, kristinkavax@gmail.com

Аннотация. *В работе приведены свойства и методы получения водорода. Представлена и проанализирована структура потребления водорода в России и в мире. Перечислены основные сдерживающие факторы внедрения водорода в производственные процессы металлургической отрасли. Рассмотрена концепция развития водородной энергетики в РФ. Дана экологическая и экономическая оценка перехода на «зеленый»» водород.*

Ключевые слова*: металлургия, «зеленый» водород, водородная энергетика, экологическая оценка.*

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USE OF HYDROGEN IN METALLURGY

Vakhtarova K.O., Mikhailichenko T.A.

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia, kristinkavax@gmail.com

Abstract. *The paper presents the properties and methods for producing hydrogen. The structure of hydrogen consumption in Russia and in the world is presented and analyzed. The main constraining factors for the introduction of hydrogen into the production processes of the metallurgical industry are listed. The concept of development of hydrogen energy in the Russian Federation is considered. An ecological and economic assessment of the transition to "green" hydrogen is given.*

Key words*: metallurgy, "green" hydrogen, hydrogen energy, environmental assessment.*

Водород – химический элемент, открывающий периодическую таблицу химических элементов Д.И. Менделеева под атомным номером 1 и являющийся самым распространенным химическим веществом во Вселенной.

Однако на Земле водород практически не встречается в чистом виде и требует извлечения из других соединений различными методами: паровой конверсией метана или природного газа, газификацией угля, электролизом воды, пиролизом, частичным окислением. Также разрабатываются и применяются биотехнологии, с помощью которых водород возможно получить из водорослей, биомассы или даже мусора [1].

Благодаря своим положительным физико-химическим свойствам, а

именно:

- малый вес вес;
- хорошая теплопроводность;
- высокая химическая активность;
- большое количество тепла, образующееся в процессе горения;
- универсальность;
- безопасность использования.

Водород является не только востребованным компонентом для большинства технологических процессов во многих отраслях промышленности, но и популярным [2]. Структура мирового потребления водорода представлена на рисунке 1.

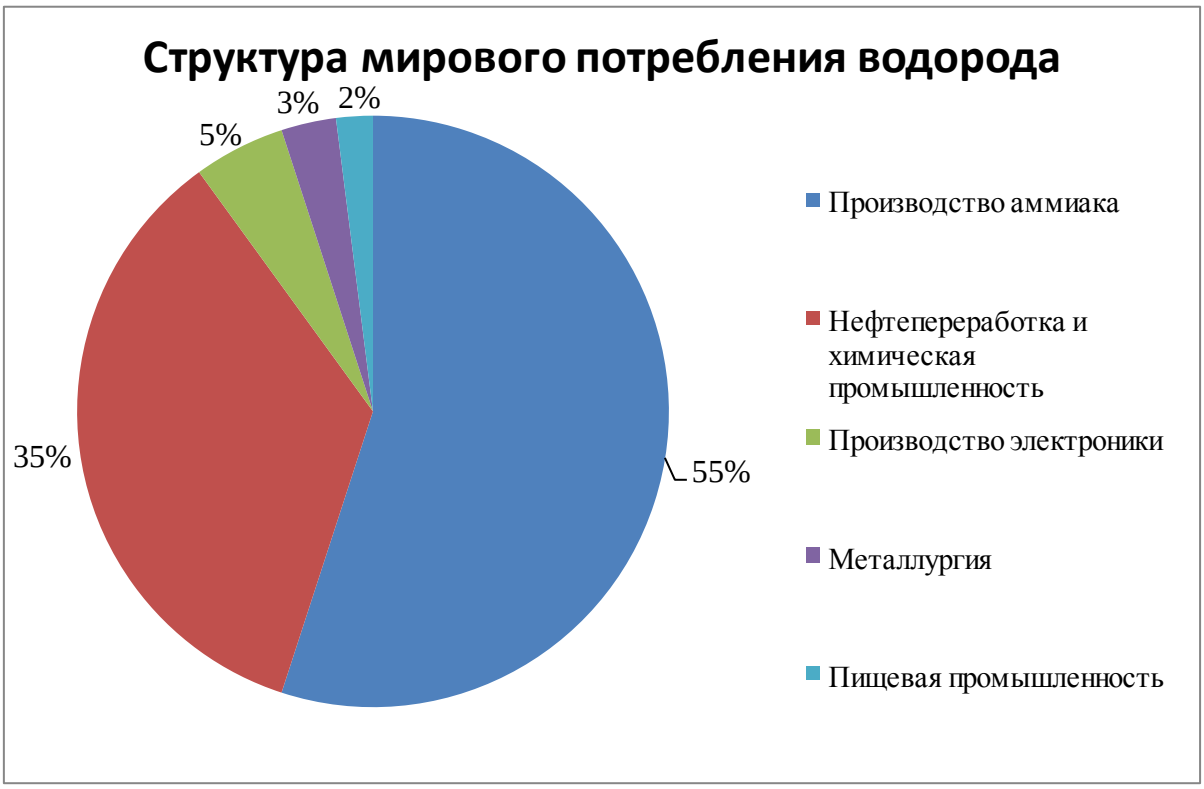

Рисунок 1 – Структура мирового потребления водорода

Из диаграммы, представленной на рисунке 1, наглядно видно, что доля применение водорода, приходящаяся на металлургическую отрасль невелика. В основном он используется для получения металлизированного сырья прямым восстановлением железа. С помощью водорода восстанавливают металлы из их оксидов, например, таким способом получают вольфрам. При горении водорода в кислороде температура поднимается примерно до 3000 °С, что позволяет сваривать тугоплавкие металлы.

На рисунке 2 представлена структура потребления водорода в России, которая позволяет судить о схожести отечественной и мировой «водородной» ситуации. Одинаково преобладающей отраслью является производство аммиака (по 55 % за ней следует нефтеперерабатывающая промышленность, потребляющая 35 % мирового объема водорода и немногим меньше 23 % российского.

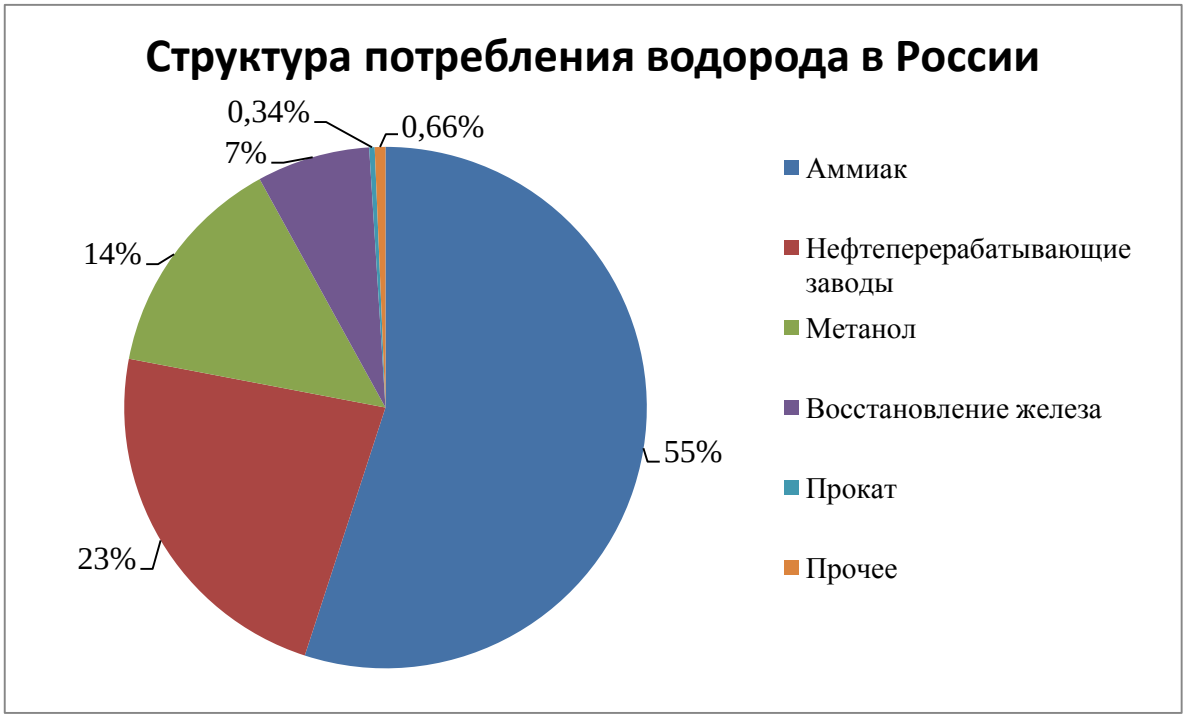

Рисунок 2 – Структура потребления водорода в России

Производство электроники и пищевая промышленность, потребляющие по 5 % и 2 % соответственно в мировой структуре, в российской относятся категории« Прочие» и составляют менее 1 %.

Российская металлургическая отрасль является более освоенной в плане применения водорода в процессах производства в сравнении с общемировыми цифрами (7 % и 3 % соответственно). Однако на низком уровне внедрения технологий водородной металлургии находится прокатное производство, где водород в больших объемах используется прри термической обработке холоднокатаного проката, а также для получения азотно-водородной защитной атмосферы при термической обработке трубного проката на металлургических предприятиях. И, несмотря на способность водорода при производстве стали заменить уголь и газ, оставляющих высокий углеродный след, его применение в данной отрасли составляет лишь 0,34 % от общего объема потребления нашей страны.

Основными сдерживающими факторами развития водородной металлургии являются проблемы материаловедения, необходимость совершенствования технологий транспортировки, хранения и потребления водорода. Перспективными способами для транспортировки водорода в РФ является трубопроводный транспорт, автомобильный, морской, железнодорожный для транспортировки в сжатом, сжиженном или связанном состоянии, в том числе в виде аммиака, жидких или твердых носителей. Основной материаловедческой проблемой при этом является охрупчивание металлов водородом. Проблема водородной хрупкости тесно связана с хладостойкостью конструкционных материалов, поскольку большая часть России – это территории с низкой годовой температурой. Перед учеными и инженерами поставлена задача разработки современных

энергетических систем потребления водорода, включая создание турбогенераторов и двигателей. Также по водородной тематике требуется разработка нормативной документации по материалам, технологиям, конструкциям.

Барьером для широкого внедрения водорода является необходимость строительства углеродных хранилищ, поскольку при производстве водорода необходимо соблюдать требования по выбросам углекислого газа. Это обуславливает повышенную стоимость водорода по сравнению с традиционными энергоносителями. Поэтому необходимо развивать технологии для уменьшения себестоимости получения, транспортировки, хранения и потребления водорода [3].

Концепция развития водородной энергетики в РФ утверждена 5 августа 2021 года и согласно ей к концу 2024 года российская промышленность должна вырабатывать 200 тыс. тонн водорода в год, до 2–12 млн тонн в 2035 году, а к 2050 году Россия будет отправлять на экспорт 15–50 млн тонн водорода. Однако концепция предусматривает получение водорода за счет использования энергии гидроэлектростанций, атомных и тепловых станций при электролизе воды, а также при пиролизе углеводородов [4].

На настоящий момент наиболее экономически выгодным считается производство водорода из ископаемого сырья и в данный момент наиболее доступным и дешёвым процессом является паровая конверсия (согласно прогнозам, она будет использоваться в начальной стадии перехода к водородной экономике для упрощения преодоления проблемы «курицы и яйца», когда из-за отсутствия инфраструктуры нет спроса на водородные автомобили, а из-за отсутствия водородных автомобилей не строится инфраструктура. В долгосрочной перспективе, однако, необходим переход на возобновляемые источники энергии, так как одной из главных целей внедрения водородной энергетики является снижения выброса парниковых газов; такими источниками может быть энергия ветра или солнечная энергия , позволяющая проводить электролиз воды). Снизить уровень выбросов углерода в производственных отраслях можно за счет водорода, полученного с использованием низкоуглеродных технологий, для этого можно применять технологии улавливания и хранения углекислого газа, а также электролиза воды, «в первую очередь с помощью энергии объектов атомной, гидро-, ветряной и солнечной энергетики».

Цветовая градация водорода зависит от способа его выработки и углеродного следа, то есть количества вредных выбросов:

- «зеленый» - произведён с помощью энергии из возобновляемых источников методом электролиза воды, считается самым чистым;
- «голубой» - произведенный из природного газа; в этом случае углекислый газ накапливается в специальных хранилищах;
- «желтый» - произведенный при помощи атомной энергии.
- при производстве «серого» водорода вредные выбросы идут в атмосферу [5].

Сейчас Россия производит около 5 млн тонн водорода в год в основ-

ном методом парового риформинга метана(« серый» водород).

В атомной энергетике для производства «желтого» водорода, получаемого электролизом с использованием ядерной энергии, у нас есть передовые высокоэффективные технологии строительства как больших, так и малых модульных реакторов по производству альтернативного источника энергии. Кроме того, ядерная энергия может быть использована для деминерализации значительного количества воды, необходимой для электролиза, так как для получения 1 кг водорода требуется не менее 9 кг деминерализованной воды.

Для производства« голубого» водорода у нас есть не только колоссальные ресурсы природного газа, но и геологические запасы и истощенные залежи, в которых можно хранить уловленный CO_2, в том числе образующийся в процессе риформинга метана. Не в каждой стране есть такая возможность – использовать CO_2 за счет его улавливания и хранения. Поэтому с производством и поставками« голубого» водорода для России открываются новые возможности для бизнеса в сфере оказания международных услуг по долговременному хранению парниковых газов. Это отдельная, перспективная отрасль, которая, по мнению экспертов, может быть сравнима по масштабам с нефтяной промышленностью и имеет большой экспортный потенциал.

Для полного перехода на использование «зеленого» водорода при выплавке стали металлургическим компаниям РФ необходимо около 100 ГВт новых мощностей ВИЭ и еще 50 ГВт традиционной генерации. На это потребуется свыше $50 млрд инвестиций, а себестоимость стали вырастет вдвое. Предполагается, что использование водорода вместо угля и газа поможет сократить углеродный налог в ЕС, объем которого для черной металлургии РФ оценивается в $314 млн в год.

Экономический смысл такая замена будет иметь при двух условиях: если "зеленый" водород, как и ожидается, подешевеет до значений менее $3–4 за 1 кг (сегодня такой водород стоит в три раза дороже), а также если сталелитейная промышленность будет вынуждена платить за $75–100 за тонну CO_2 [6].

Таким образом, концепция водородной энергетики и переход к «зеленеющей» стали являются экологически верными, но, к большому сожалению, экономически невыгодными. Однако перед Россией сейчас не стоит вопрос, развивать низкоуглеродную водородную энергетику или нет. Для большинства экономик мира были установлены цели по достижению углеродной нейтральности. По поручению руководства страны такая же задача была создана в РФ не позднее 2050 года. И только за счет развития и использования зеленых технологий и малоэмиссионной водородной энергетики это достижимо.

Библиографический список

1. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа.- Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229 с.

2. Применение водорода в промышленности [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://www.oxymat.ru/primenenie/primenenie-vodoroda-v-promyshlennosti.

3. Водородная энергетика: новый уровень [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://research.spbstu.ru.

4. Водородная концепция России [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://globalenergyprize.org/ru/2021/08/11/vodorodnaya-koncepciya-rossii/ свободный (дата обращения: 13.10.22).

5. Водородная энергетика [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://aquaecology.group/otrasli/energetika/vodorodnaya-energetika/ свободный (дата обращения: 13.10.22).

6. Как зеленилась сталь [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/5065597 / свободный (дата обращения: 13.10.22).

УДК 662.772

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕЙ

Мурко В.И.[1], Карпенок В.И.[1], Темлянцева Е.Н.[1], Аникин А.Е.[2]

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия, sib_eco@mail.ru, vkarpenok@mail.ru, Elena.temlyantseva@yandex.ru

[2]ООО «КМК-Энерджи», г. Новокузнецк, Россия, anikin1985@rambler.ru

Аннотация. *В статье приведены результаты экспериментальных исследований Центра инновационных угольных технологий СибГИУ по получению дефицитного вида углеродной продукции - термоантрацита из различных марок углей, а также получение товарной продукции из отходов обогащения и сжигания углей. Для более широкого использования угля в энергетике и расширения его применения как источника химических продуктов перспективно энерготехнологическое использование угольного сырья, в котором основную роль играет его термообработка.*

Ключевые слова: уголь, антрацит, термоантрацит, термообработка, чистые угольные технологии.

TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF INCREASING THE RANGE AND QUALITY OF COAL PRODUCTS BY HEAT TREATMENT OF COALS

Murko V.I.[1], Karpenok V.I.[1], Temlyantseva E.N.[1], Anikin A.E.[2]

[1] Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia, sib_eco@mail.ru, vkarpenok@mail.ru, Elena.temlyantseva@yandex.ru

СЕКЦИЯ 4: РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОХРАНА ТРУДА..... *176*

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ УГЛЕОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ
***Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б., Кунц О.А.* 176**

ПРОВЕРКА ЗНАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ РАБОТНИКА К БЕЗОПАСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
***Чернов К.В.*.....182**

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ
***Павловец В.М., Домнин К.И.* 193**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ СМЕШИВАНИЮ
***Павловец В.М., Домнин К.И.* 203**

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИЙ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО СТЕКЛОКОМПОЗИТА
***Скирдин К.В., Казьмина О.В.*.....211**

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА
***Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М.*.....219**

КЕДР КАК ОБЪЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА
***Водолеев А.С., Захарова М.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.* 227**

АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
***Водолеев А.С., Захарова М.А., Постельников В.Н., Ким В.И., Бондарев М.Р.*.....232**

СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОБИОМОНИТОРИНГА ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
***Захарова М.А., Водолеев А.С., Лубенцева Ю.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.* 240**

ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ
***Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.* 247**

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
***Гашникова А.О., Михайличенко Т.А.* 259**

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ
***Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.* 265**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ
***Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.* 274**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕЙ
***Мурко В.И., Карпенок В.И., Темлянцева Е.Н., Аникин А.Е.* 279**

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
***Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В., Корнилов Д.А., Макшанов Д.В.*.....289**

Научное издание

МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2022»

Труды XXIII 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 16.11.2022 г.
Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 24,0 Уч.-изд. л. 26,4 Тираж 300 экз. Заказ № 296

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ