

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский государственный индустриальный университет

Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

15 – 16 ноября 2017 г.

Труды
XX Международной научно-практической конференции
Часть 2

Новокузнецк
2017

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянец, д.т.н., профессор А.В. Феоктистов,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.ф.-м.н., профессор В.Е. Громов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., профессор Н.А. Козырев,
к.т.н., профессор С.Г. Коротков, к.т.н., доцент С.В. Фейлер

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2 / под ред. Е.В. Протопопова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 474 с., ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения, рециклинга и экологии в металлургии.

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-08-20433.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
ОАО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

вестия высших учебных заведений. Физика. Т. 57. №3-3, 2014, с. 109-113.

5. О.Г. Волокитин, В.В. Шеховцов. Плазменная технология получения высокотемпературных силикатных расплавов. Сборник научных трудов в 2-х томах. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Редакторы: Лопатин В.В., Яковлев А.Н.. 2013. с. 24-25.

6. Волокитин О.Г., Скрипникова Н.К., Волокитин Г.Г., Шеховцов В.В., Верещагин В.И., Хайсундинов А.И. Минеральное волокно, полученное в агрегатах низкотемпературной плазмы из продуктов сжигания каменного угля и горючих сланцев. Строительные материалы. 2013. № 11. С. 44-46.

7. Волокитин О.Г., Шеремет М.А., Шеховцов В.В. Конвективный теплоперенос при получении силикатных расплавов в плазмохимическом реакторе. В сборнике: Материалы XI Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2016) Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 178-180.

8. Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Потеев А.И., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Утилизация силикатных отходов при производстве минеральных волокон с помощью энергии низкотемпературной плазмы. Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение тезисы XII Международной конференции «HEMs-2016». 2016. С. 162-165.

9. Волокитин О.Г., Верещагин В.И., Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Шеховцов В.В. Анализ процессов традиционного и плазменного плавления золы ТЭЦ. Техника и технология силикатов. 2016. Т. 23. № 3. С. 2-5.

10. Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. Влияние электрического тока на температуру силикатного расплава при получении минерального волокна. Бюллетень науки и практики. 2017. № 9(22). С. 92-97.

УДК 04.55.054:662 (470.6)

УСКОРЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Водолеев А.С., Бердова О.В., Юмашева Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия, botanik-egf@yandex.ru*

Аннотация. Рекультивация включает в себя комплекс мероприятий, направленных на формирование на поверхности промышленных отвалов благоприятного корнеобитаемого слоя различными способами с последующим использованием этой площади. Консервация – это закрепление поверхности отвалов механическим путём или путём озеленения поверхности отвалов при предварительном нанесении минимального слоя почвы, торфа, минеральных удобрений, ростовых веществ, нетрадиционных почвоулучшителей – осадков сточных вод (ОСВ). В результате проведенных работ на поверхности отходов железорудного обогащения обогатительной Абагурской агломерационной фабрики были сформированы технозёмы – искусственные почвы с корнеобитаемым слоем, состоящим из смеси ОСВ и материала хвостохранилищ. Созданы рекультивированные участки на отходах железорудного обогащения, которые обеспечивают эрозионную устойчивость поверхности хвостохранилищ и консервацию отходов обогащения. Химические и агрохимические параметры технозёмов на протяжении 2-х лет их развития изменились. Наблюдается некоторое подщелачивание среды и резкое снижение содержания в субстрате корнеобитаемого слоя количества органического вещества и всех форм азота.

Ключевые слова: рекультивация, консервация, отходы железорудного обогащения, биомониторинг, корнеобитаемый слой, культурфитоценоз, технозёмы, фитотоксичность.

ACCELERATED RECLAMATION OF WASTE IRON ORE BENEFICIATION

Vodoleev A.S., Berdova O.V., Yumasheva N.A.

*Siberian state industrial university,
Novokuznetsk, Russia, botanik-egf@yandex.ru*

Abstract. Recultivation (recultivation) includes a set of measures aimed at forming on the surface of industrial dumps a favorable root layer in various ways with subsequent use of this area. Conservation is the fixation of the surface of the dumps by mechanical means or by gardening the surface of the dumps with a

preliminary application of a minimum layer of soil, peat, mineral fertilizers, growth substances, unconventional soil improvers - sewage sludge (WWS). As a result of the work carried out on the surface of the iron ore enrichment waste of the enrichment of the Abagur agglomeration factory, techno-earth (technozems) were formed – artificial soils with a root layer consisting of a mixture of WWS and tailing material. Recultivated areas have been created on iron ore beneficiation waste, which ensure erosion stability of the tailing dump surface and conservation of enrichment wastes. The chemical and agrochemical parameters of the technozems over the two years of their development have changed. Some alkalization of the medium and a sharp decrease in the amount of organic matter and all forms of nitrogen in the substrate of the root layer are observed.

Keywords: *reclamation (recultivation), conservation, waste iron ore beneficiation, biomonitoring, the root layer, culture phytocenosis, tehnožemy, phytotoxicity*

Любая нарушенная территория техногенного происхождения проходит в своем развитии две фазы – техногенного формирования и посттехногенную фазу развития [1,2,3,4]. Ведущими механизмами трансформации техногенных ландшафтов в естественные являются биологические процессы, приводящие к восстановлению и развитию биогеоценоза. Формирование ценозов любого уровня определяется почвенно-экологической эффективностью рекультивации, которая зависит от уровня использования ресурсов рекультивации. В связи с различными целями рекультивации применяются те или иные технологии, направленные на создание условий развития почвенно-биологических процессов на нарушенных территориях.

Биомониторинг рекультивированных опытных площадок позволяет оптимизировать и ускорить процесс формирования культурфитоценозов на отходах промышленного производства, следить за состоянием и развитием травостоя, отслеживать процесс восстановления плодородия нарушенных земель, прогнозировать и направлять развитие сукцессионных процессов на рекультивируемых территориях в наиболее целесообразном направлении, рассчитать экологический и экономический эффект проводимых рекультивационных работ.

В настоящее время в Кузбассе и других промышленно развитых регионах под отвалы отходов производства заняты огромные площади плодородных земель, многие из которых могут находиться вблизи населённых пунктов. При этом складированные отходы наносят огромный экологический ущерб окружающей природной среде и негативно влияют на условия проживания населения. Нейтрализовать их вредное воздействие можно несколькими путями: утилизацией, рекультивацией или консервацией.

Утилизация – это вторичное использование промышленных отходов в хозяйственной деятельности человека. Рекультивация включает в себя комплекс мероприятий, направленных на формирование на поверхности промышленных отвалов благоприятного корнеобитаемого слоя различными способами, например, путем нанесения потенциально плодородных и плодородных слоев почвы мощностью до 1 м, с последующим использованием этой площади под земледелие или другие виды использования [5]. Консервация – это закрепление поверхности отвалов механическим путём (нанесение плёнок, асфальтирование, покрытие щебёнкой и др.) или путём озеленения поверхности отвалов [6]. при предварительном нанесении минимального слоя почвы, торфа, минеральных удобрений, ростовых веществ, нетрадиционных почвоулучшителей – осадков сточных вод (ОСВ) и пр. [7].

Исследования проводились на хвостохранилище Абагурской обогатительной агломерационной фабрики, которая находится в г. Новокузнецке. Абагурская агломерационная фабрика – крупный промышленный объект, деятельность которого в значительной степени осложняет и ухудшает экологические условия окружающей среды и негативно влияет на экологию города и прилегающие ландшафты. Ее обширные хвостохранилища заполнены песчанно-суглинистыми субстратами и постоянно подвергаются водной и ветровой эрозии, загрязняя атмосферу, почвы и воды.

В тоже время складированные отходы являются субстратом, в котором содержится достаточно много ценных элементов, которые в дальнейшем при отработке технологий будут переработаны. Поэтому данные хвостохранилища можно рассматривать как техногенные месторождения. По этой причине коренные рекультивационные работы на данных техногенных объектах нецелесообразны, необходимо и достаточно закрепить их поверхность биологическими методами путем формирования санитарно-защитных насаждений.

Согласно технологической схемы на Абагурской аглофабрике отходы производства - хвосты магнитной сепарации в количестве до 2,2 млн т в год железной руды по пульпопроводу направляются в хвостохранилища. В настоящее время три хвостохранилища занимают площадь более 350 га. Хвостохранилище №3 действующее. Хвостохранилище №1 и №2 представляют собой два обособленных плато высотой до 20 метров общей площадью около 190 га. Запас складированных в них хво-

стов оценивается примерно в 100 млн. т. По своему химическому составу и свойствам хвосты могут быть отнесены к промышленному сырью с широким спектром возможного применения. В настоящее время исследуется технология извлечения полезных элементов из складированных и текущих хвостов методами гравитационного обогащения, плазменной обработки и др. Крупнотоннажная переработка на протяжении 30 лет существования хвостохранилища №1 не организована.

Для организации рекультивационных работ возможно использовать классификацию нарушенных территорий, которая учитывает специфику техногенных объектов, и определяет направление практических мероприятий по восстановлению данного типа нарушений. Согласно классификации промышленных отвалов по В.В. Тарчевскому [8] данный промышленный объект по происхождению относится к отвалам перерабатывающей промышленности наливного типа; по возрасту – средневозрастной (свыше 25-ти лет); по форме – чашевидный; по высоте – средний (до 25-ти метров); по механическому составу поверхностного субстрата – крупнопылевидный и пески (частицы до 0,1 мм); по кислотности (рН) – кислый; по утилизации – неиспользуемый.

Хвостохранилища заполнено при помощи гидротранспорта, что привело к дифференциации материала по гранулометрическому составу. В почвенно-экологическом отношении материал отработанных хвостохранилищ характеризуется очень высокой неоднородностью практически всех химических, физико-химических, агрофизических и агрохимических параметров. Эта неоднородность определяется спецификой технологии формирования гидроотвалов, которая дифференцирует материал как по площади гидроотвала так и в его толще. Высокая плотность – 1,7 г/см³ и выше, делает этот субстрат практически корненепроницаемым, резко снижает объем порового пространства и водопроницаемость. По этой причине при рекультивации хвостохранилищ необходимо введение специального технологического элемента, снижающего эту плотность, например, смешивание с другими менее плотными субстратами.

Субстрат хвостохранилищ относится к категории сильно засоленных, фитотоксичных. При этом степень фитотоксичности достигает очень высоких значений. Факторами фитотоксичности выступают хлориды и сульфаты. Долевое участие этих солей примерно одинаково. Хвосты отнесены к 4 классу токсичности.

Основными причинами, препятствующими естественному зарастанию поверхности хвостохранилища, являются:

- фитотоксичность, обусловленная засолением поверхности;
- высокая плотность сложения субстрата;
- низкое содержание элементов питания растений;
- неблагоприятные микроклиматические условия, такие как высокая температура в летний период,

незначительное накопление снегового покрова зимой, ветровая эрозия, которая не только выносит материал хвостохранилища, но повреждает молодые побеги и листья растений песчаными частицами. Фитотоксичность пород в сочетании с их высокой плотностью являются основными причинами длительного существования техногенной пустыни хвостохранилища.

Для формирования почвенно-растительного слоя необходима технология рекультивации, позволяющая улучшить условия на поверхности хвостохранилища и обеспечить долгосрочное функционирование фитоценоза в данных микроклиматических условиях. Успешная рекультивация возможна при создании благоприятного корнеобитаемого слоя путем внесения органо-минеральных смесей в процессе технического этапа и последующей биологической рекультивации, т.е. создания устойчивых культурфитоценозов для предотвращения эрозии и загрязнения окружающих территорий [9,10]. Создание травяного покрова на поверхности хвостохранилищ коренным образом улучшит ситуацию с обеспечением снегонакопления зимой, что в совокупности с фактором присутствия органического субстрата повысит эффективность восстановления почвенно-растительного слоя на поверхности хвостохранилища.

Известно, что наиболее рациональным способом восстановления органической составляющей отвалов является размещение на их поверхности плодородного слоя почвы (ПСП), снятого при строительстве новых отвалов. Этот способ был применен для рекультивации склонов хвостохранилища № 2. При этом был использован ПСП снятый с территории хвостохранилища №3. Но этого материала недостаточно для всех площадей, требующих рекультивации.

Поэтому для создания корнеобитаемого слоя на поверхности хвостохранилища был использован осадок сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений. В результате проведенных работ на поверхности были сформированы технозёмы - искусственные почвы с корнеобитаемым слоем, состоящим из смеси ОСВ и материала хвостохранилища. Ниже представлены результаты исследования свойств и режимов технозёмов опытных площадок, заложенных на Абагурском хвостохранилище № 1.

Целью создания технозёмов было исследование двух почвенно-экологических эффектов. Во-

первых, необходимо было выяснить, как влияет резкая дифференциация профиля технозёма на два слоя с различным их гранулометрическим составом на восстановление почвенных функций и, соответственно, на биологическую продуктивность. Во-вторых, влияние различной мощности нанесения слоя ОСВ на эти же параметры.

Варианты технозёмов включали три серии (А-1, А-2, А-3), которые различались друг от друга количеством внесенного ОСВ (мощностью 30, 20 и 10 см соответственно).

Ранее было показано [7], что первым, лимитирующим развитие формируемого культурфитоценоза во всех вариантах опытов, фактором является фитотоксичность пород хвостохранилищ и ОСВ по хлоридам и сульфатам. В случае с вариантами технозёмов, относящимися к серии А и имеющих дифференцированный по породам профиль, фитотоксичность пород корнеобитаемого слоя обусловлена солями, содержащимися в ОСВ, а в нижележащем – пород хвостохранилищ. Прогнозировалось, что предварительное перепахивание поверхности хвостохранилища и рыхлое сложение свежесыпанного ОСВ создадут условия для самомелиорации субстрата в корнеобитаемом слое. Исследования, проведенные нами в течение 2-х лет вегетации бобовых трав и, следовательно, развития почвенных режимов и почвенно-экологических функций, подтвердили этот прогноз.

Результаты анализа солевого состава водной вытяжки, полученной из субстрата корнеобитаемого слоя технозёмов рассматриваемого опыта, показывают, что степень фитотоксичности резко сократилась (таблица 1). Этому способствовало снижение доли плотного остатка и понижение концентрации в растворах хлоридов и сульфатов, в первую очередь магния и натрия. Необходимо обратить внимание на то, что в различных технозёмах этого варианта степень снижения концентрации фитотоксичных солей различная. Наибольшей она оказалась в серии А-1, наименьшей – в А-3. Иными словами, чем меньше мощность слоя ОСВ, тем выше скорость выщелачивания солей.

Таблица 1 – Сравнительный анализ водной вытяжки технозёмов в корнеобитаемом слое

Год опыта	Вариант	Плотный остаток, %	Содержание, мг-экв/100г						Токсичность	
			HC ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Первый	А-1	1,731	0,72	1,00	16,12	14,65	1,57	1,62	3,3	0,2
	А-2	1,646	0,81	1,20	15,62	14,21	1,86	1,56	4,0	0,2
	А-3	1,753	0,76	0,98	16,52	14,75	1,52	1,99	3,2	0,3
Второй	А-1	1,006	0,96	0,52	7,59	7,23	1,23	0,61	1,7	0
	А-2	1,070	1,00	0,65	8,16	9,50	1,36	1,05	2,2	0
	А-3	1,125	1,28	0,70	9,45	10,73	1,45	0,75	2,3	0,1

Однако из этого не следует, что 30-тисантиметровая мощность слоя ОСВ оказывается излишней. Во-первых, и при такой мощности фитотоксичность субстрата снизилась существенно, до уровня, не препятствующего удовлетворительному развитию культурфитоценоза. Во-вторых, есть основания полагать, что процесс выщелачивания солей будет продолжаться и далее, и при сохранении этого режима выщелачивания процессы оптимизации солевого режима технозёма охватят всю толщу корнеобитаемого слоя. В-третьих, одной из важнейших целей проводимого эксперимента является решение проблемы размещения ОСВ. Поэтому в перспективе, в почвенно-экологическом плане, значительно важнее не допустить развития процессов вторичного засоления, которое может проявиться вполне реально при условии почвенной засухи и вторичного уплотнения субстрата в корнеобитаемом слое, при любой мощности ОСВ.

После 2-х лет саморазвития почвенно-экологических функций в технозёмах изменились и параметры, характеризующие физическое состояние субстрата в корнеобитаемом слое, заметно возросла плотность сложения, снизилась порозность (табл. 2).

Таблица 2 - Сравнительный анализ основных физических свойств технозёмов

Год опыта	Вариант	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %
Первый	А-1	2,28	0,68	70,2
	А-2	2,20	0,73	66,8
	А-3	2,25	0,80	64,4
Второй	А-1	2,33	1,03	55,8
	А-2	2,58	1,18	54,3
	А-3	2,70	1,05	61,1

Однако, несмотря на это, названные физические параметры остаются в границах, близких к оптимальным, а само по себе уплотнение следует считать следствием естественной просадки. Важно, в плане дальнейших мониторинговых исследований проследить, на каком уровне плотности сложения остановятся просадочные процессы и не выйдут ли они за границы зоны оптимума. Прогнозируя, можно предположить, что просадочные явления будут продолжаться до тех пор, пока в корнеобитаемом слое техноземов не начнут развиваться активные гумусовоаккумулятивные процессы. На современной стадии развития техноземов мощность отсыпанного слоя ОСВ практически не влияет на интенсивность просадочных явлений.

Химические и агрохимические параметры техноземов по истечении 2-х лет их развития изменились (таблица 3). Отмечается некоторое подщелачивание среды (значения pH возрастают) и резкое снижение содержания в субстрате корнеобитаемого слоя количества органического вещества и всех форм азота.

Таблица 3 – Основные химические и агрохимические параметры техноземов Абагурского хвостохранилища после 2-х лет вегетации многолетних трав

Вариант	pH	С, %	Содержание подвижных форм, мг/100г субстрата			
			NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	K ₂ O	P ₂ O ₅
A-1	7,61	3,5	3,5	7,1	32,8	40,9
A-2	7,66	4,1	3,2	6,4	33,0	38,5
A-3	7,28	5,8	5,3	3,0	32,7	41,2

Вместе с тем, необходимо отметить необычно высокую интенсивность процессов минерализации органических веществ, содержащихся в ОСВ, и потерь различных форм азота. Однако в последствии при развитии устойчивого фитоценоза на рекультивированных участках установится определенный баланс процессов гумификации и минерализации органических веществ, что также будет способствовать стабилизации содержания азотных веществ в корнеобитаемом слое техноземов.

Проведенные исследования показали, что без проведения рекультивационных мероприятий создание устойчивого фитоценоза и формирование в субстрате хвостохранилища корнеобитаемого слоя, препятствующего развитию водной и ветровой эрозией, невозможно. Установлена перспективность использования ОСВ в качестве субстрата, существенно улучшающего химико-физические свойства пород. Практически на всех опытных площадках отмечается заметное снижение напряженности режимов функционирования сформированных культурфитоценозов. В результате внесения ОСВ происходит улучшение физического и питательного режимов на поверхности хвостохранилища. Во всех вариантах способов размещения ОСВ достигнут положительный эффект – рост наземной биомассы бобовых растений с увеличением нормы внесения ОСВ. Таким образом, при нанесении ОСВ достигается поставленная цель рекультивации – создание устойчивого фитоценоза на поверхности хвостохранилища и прекращение переноса загрязняющих веществ на прилегающие территории.

Библиографический список

1. Андроханов В.А., Двуреченский В.Г., Клековкин С.Ю., Водолеев А.С., Кудашкина С.А., Степнов А.А. Технология рекультивации отходов железорудного обогащения с использованием осадков сточных вод // Проблемы региональной экологии. – 2006. – № 5. – С. 33 – 38.
2. Галанина Т.В. Рекультивация в Кузбассе: проблемы и пути решения // Использование и охрана природных ресурсов в России, №1, 2007. – С. 22 – 24.
3. Курачев В.М., Андроханов В.А., Двуреченский В.Г. Теоретические основы рекультивации нарушенных земель // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Международного совещания, Екатеринбург, 3 – 7 июня 2002 г. – Екатеринбург, 2003. – 239 – 247.
4. Трофимов С.С. Экология и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск: Наука, СО, 1975. – 300 с.
5. Водолеев А.С., Степнов А.А., Кудашкина С.А. Перспективы технологии использования осадков сточных вод для рекультивации // Проблемы экологии и здоровья промышленных городов и пути их решения. – Новокузнецк, 2004. – С. 28 – 31.
6. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Нестерович И.А., Фомкина Т.П. Агроэкологическая оценка использования осадка сточных вод//Агрохимия.-1995. – 5. – С.102 – 108.
7. Водолеев А.С., Степнов А.А., Кудашкина С.А. Результаты комплексной оценки биологической рекультивации техногенных ландшафтов с использованием осадков сточных вод // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Мат. Междунар. совещ., Екатеринбург 3 – 7 июня 2002 г.

– Екатеринбург, 2003. – С. 41 –51.

8. Тарчевский В.В. Классификация промышленных отвалов // Растительность и промышленные загрязнения: Охрана природы на Урале. Вып. 7. – Свердловск, 1970. –С. 84 – 89.

9. Beaver S.H. The Potteries: a study in the evolution of cultural landscape // Transactions and Papers, Institute of British Geographers, №34, 1964. – P. 1 – 31.

10. Charter R.A., Tabatabai M.A., Hemming S.J. Phytoavailability of metals from sewage sludges and their humate base counterparts added to soils // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet. 1993. – Cincinnati, 1993. – P. 269.

УДК 621.796

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В.

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,
г. Магнитогорск, Россия, gepod@inbox.ru*

Аннотация. В работе исследованы структурно-физические, деформационно-прочностные, барьерные и антикоррозионные свойства упаковочных бумаг отечественных производителей в сравнении с зарубежным аналогом фирмы «Fislage». Изучены защитные свойства упаковочных бумаг по отношению к холоднокатаной стали в условиях различной относительной влажности, периодической конденсации влаги и в присутствии хлорид ионов. С целью повышения конкурентоспособности отечественных упаковочных материалов для металлопродукции необходимо совершенствовать их технологию производства.

Ключевые слова: металлопродукция, холоднокатаная сталь, комбинированные упаковочные материалы, летучие ингибиторы коррозии, коррозия, показатель коррозии

STUDY OF COMBINED PACKAGING MATERIALS FOR STEEL PRODUCTS

Kolyada L.G., Tarasyuk E.V.

*Magnitogorsk state technical University. G.I. Nosova,
Magnitogorsk, Russia, gepod@inbox.ru*

Abstract. The paper investigates structural, physical, deformation, strength, barrier and corrosion resistance properties of domestic packaging papers in comparison with Fislage's foreign equivalent. It studies packaging paper protection of cold-rolled steel under different relative humidity, periodic humidity concentration and available chloride ion conditions. Competitive recovery of domestic combined packaging materials for metal products can be improved by varying their manufacture processes.

Keywords: metal products, cold-rolled steel, combined packaging materials, volatile corrosion inhibitors, corrosion, corrosion index

В Российской Федерации ежегодные потери металлов из-за коррозии достигают 12 % общей массы имеющегося в стране металлофонда и год от года только нарастают. Прогрессивным направлением в борьбе с коррозией является разработка упаковочных материалов, содержащих ингибиторы коррозии. В последнее время ряд производителей предлагает комбинированные материалы на основе бумаги, содержащие ингибиторы коррозии, которые успешно конкурируют с традиционными средствами противокоррозионной защиты (маслами, смазками, лаками, красками, эмалями и др.) [1-6]. Особенно большое значение имеет применение ингибиторов для защиты металлов от атмосферной коррозии. В последние годы эта проблема встала особенно остро в связи с расширением экспорта металлопродукции, так как в ряде случаев транспортирование продукции происходит в открытых полувагонах или морским путём через районы с влажным тропическим климатом.

Современная упаковка для металлопродукции должна полностью исключать доступ к поверхности металлоизделия паров воды и агрессивных газов, вызывающих коррозию, а также должна обладать необходимыми прочностными свойствами, гарантирующими сохранность ее самой и упакованного в нее металлоизделия от механических повреждений при логистических операциях и перевозке на значительные расстояния. Указанным критериям соответствуют упаковочные комбиниро-

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	4
КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ: СОСТОЯНИЕ, ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПРОГНОЗЫ	4
Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Фейлер С.В., Ганзер Л.А., Калиногорский А.Н. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ.....	9
Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Фейлер С.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ МАРГАНЦА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО	14
Рожихина И.Д., Нохрина О.И. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ ЧУГУНА И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА В ШИХТЕ ЭЛЕКТРОПЛАВКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ	18
Уманский А.А., Думова Л.В. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ СЫРЬЯ (АПС).....	23
Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Кузаков А.А. Пьянкин А.П., Тимкина Е.В., Пинаев А.А. О ГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ	29
Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВАНАДИЯ В СИСТЕМЕ $V_2O_5 - C - Si$	35
Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	39
Уманский А.А., Думова Л.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА АГРЕГАТЕ «КОВШ-ПЕЧЬ» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ	44
Уманский А.А., Козырев Н.А., Бойков Д.В., Думова Л.В. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАРГАНЦА В ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	48
Дмитриенко В.И., Протопопов Е.В., Дмитриенко А.В., Носов Ю.Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБРЫЗГИВАНИЯ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ.....	51
Синельников В.О., Калиш Д., Шуцки М. ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НА УКП ОСНОВНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ КОВШЕВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	56
Бабенко А.А., Жучков В.И., Смирнов Л.А., Сычев А.В., Сельменских Н.И., Уполовникова А.Г. НЕРАВНОВЕСНЫЕ ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА В СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОМ АГРЕГАТЕ	61
Цымбал В.П., Сеченов П.А., Рыбенко И.А., Оленников А.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОТЫ ВАННЫ РУДОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ	67
Кравцов К.И. ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ АЛЮМИНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «АЛЮМИНЦИК».....	71
Мартусевич Е.А., Буинцев В.Н. ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ИНЖИНИРИНГ МЕТАЛЛУРГИЯ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ШИРОКОГО КРУГА ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ	75
Рыбенко И.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ.....	82
Гусев А.А., Царуш К. А., Лицин К.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИССИПАТИВНЫХ СТРУКТУР И СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ	85
Сеченов П.А., Цымбал В.П.	

ГАЗОФАЗНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ХРОМУРУДНОГО СЫРЬЯ.....	90
Заякин О.В., Жучков В.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА	92
Гилева Л.Ю., Мясоедов С.В., Загайнов С.А., Титов В.Н. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НОВОГО НЕПРЕРЫВНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЭР	97
Рыбенко И.А., Цымбал В.П. ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА АРГОНОМ	101
Лубяной Д.А., Толстикова Ю.А., Черепанов А.Г. МЕТОД И ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И СОЗДАНИИ НОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	107
Рыбенко И.А. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ В ХОДЕ КАМЕРНОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ СТАЛИ	113
Сафонов В.М., Еланский Д.Г., Кислица В.В., Мурысев В.А., Мороз Д.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОСИЛИЦИДОВЫХ ПЕЧЕЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ	116
Кашлев И.М.	

СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА 124

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ.....	124
Громов В.Е., Белов Е.Г., Коновалов С.В., Комиссарова И.А., Иванов Ю.Ф. КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ БОРА И АЗОТА НА ОБРАТИМУЮ ОТПУСКНУЮ ХРУПКОСТЬ.....	128
Мазничевский А.Н., Сприкут Р.В., Заславский А.Я., Гойхенберг Ю.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛИБРОВАННЫХ ПРУТКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6082	134
Сидельников С.Б., Берсенов А.С., Загиров Н.Н., Беспалов В.Н. РЕЖИМ СТАРЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ ПОРШНЯ ИЗ СПЛАВА ТИПА АК21	140
Прудников А.Н., Прудников В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ В ЗОНЕ КОНТАКТА НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ	144
Анфилофьев В. В., Шелепова С. Ю., Туякбаев Б. Т., Джес А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХОЛОДНОКАТАНЫХ, ОТОЖЖЕННЫХ И СВАРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ОПЫТНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-MG, ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ СКАНДИЕМ	149
Баранов В.Н., Сидельников С.Б., Фролов В.Ф., Зенкин Е.Ю., Орелкина Т.А., Константинов И.Л., Ворошилов Д.С., Якивчук О.В., Белоконова И.Н. КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛИ 110Г13Л ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ	154
Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И. РАЗРАБОТКА НОВОЙ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТЕЙНЕРА В УСТАНОВКЕ КОНФОРМ.....	159
Горохов Ю.В., Губанов И.Ю., Иванов А.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫДАВЛИВАНИЯ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ В ШТАМPE С ПОДВИЖНОЙ МАТРИЦЕЙ	165
Евстифеев В.В., Александров А.А., Евстифеев А.В., Ковальчук А.И. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ КАТАНКИ ИЗ СПЛАВА АВЕ С ПОМОЩЬЮ СОВМЕЩЕННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ	169
Сидельников С.Б., Лопатина Е.С., Клейменова Ю.Ю., Самчук А.П., Терентьев А.А.	

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА И ТЕРМООБРАБОТКИ	174
Попова М.В., Малюх М.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СТАЛИ СТЗ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ	181
Балановский А.Е., Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И. АКТИВНОСТЬ МАГНИЯ В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ FE-MG-SI	187
Власов В.Н., Агеев Ю.А. ОСОБЕННОСТИ ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В СТАЛИ 20ГЛ	191
Каравайцева А.А., Квеглис Л.И., Павлов А.В. РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЙСЯ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ РАСПЛАВА	196
Рафальский И.В., Луцник П.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ГВС МЕТОДОМ ВОЛОЧЕНИЯ ИЗ СПЛАВА БРБ2	200
Сидельников С.Б., Бер В.И., Вагнер А.В., Дударев В.М., Семиряков М.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ БОРОАЛИТИРОВАНИЯ НА ТОЛЩИНУ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ НА СТАЛИ 20	206
Мишигдоржийн У.Л., Улаханов Н.С., Сизов И.Г., Шурыгин Ю.Л., Хараев Ю.П. РАЗРАБОТКА СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ В НЕПРЕРЫВНОЙ РЕВЕРСИВНОЙ ГРУППЕ КЛЕТЕЙ	211
Сметанин С.В., Перетягтько В.Н. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОРЯЧЕКАТАНОЙ ДРЕССИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ	216
Медведева Е.М., Голубчик Э.М., Гулин А.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОКИЛЬНОГО ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	221
Васюхно А.Ю., Черномас В.В. ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ В ЖИДКОЙ СРЕДЕ	230
Балановский А.Е., Гречнева М.В., Ву Ван Хун, Штайгер М.Г., Кондратьев В.В., Карлина А.И.	

СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

ОКИСЛЕНИЕ НАНОДИБОРИДА ТИТАНА НА ВОЗДУХЕ	235
Галевский Г.В., Руднева В.В., Ефимова К.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЛЮС-ДОБАВОК ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛИ	241
Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Кислов А.И., Свистунов А.Д. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO_3 УГЛЕРОДОМ И КРЕМНИЕМ	245
Крюков Р.Е., Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М. АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА БАЗЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С КЕРАМИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ	249
Калашников И.Е., Болотова Л.К., Кобелева Л.И., Колмаков А.Г., Катин И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА КАРБИДА КРЕМНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ	254
Квашина Т.С., Крутский Ю.Л., Чушенков В.И. ВЛИЯНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ ДОБАВОК ТУГОПЛАВКИХ КАРБИДОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ	257
Крутский Ю.Л., Веселов С.В., Тюрин А.Г., Черкасова Н.Ю., Кузьмин Р.И., Чушенков В.И., Воробьев Р.С., Квашина Т.С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФАЗЫ Ni_3Al ПРИ СПЕКАНИИ ПОРОШКОВ Ni И Al	262
Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М.	

КЛАСТЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА.....	267
Джес А.В., Носков Ф.М., Квеглис Л.И., Казначеева А.М. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ.....	273
Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Табатчиков А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЕМ НА ЕГО ПОВЕРХНОСТЬ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ $Al-Y_2O_3$ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ.....	277
Осинцев К.А., Бахриева Л.Р., Бутакова К.А., Мусорина Е.В., Коновалов С.В., Загуляев Д.В., Громов В.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ СТРУКТУРЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА BT1-0, СФОРМИРОВАННЫХ ПОСЛОЙНЫМ СПЕКАНИЕМ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ НАПЛАВЛЕНИЕМ.....	283
Батрагин А.В., Федоров В.В., Клименов В.А., Клопотов А.А., Абзаев Ю.А., Волокитин Г.Г., Курган К.А. ЦИРКУЛЯЦИЯ ЙОДИДОВ ЖЕЛЕЗА И ХРОМА ПРИ ДИФФУЗИОННОМ ХРОМИРОВАНИИ.....	288
Христюк Н.А. Богданов С.П. ПОЛУЧЕНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭПФ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	293
Насакина Е.О., Байкин А.С., Конушкин С.В., Сергиенко К.В., Каплан М.А., Федюк И.М., Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Клименко С.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КАРБИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ WC-CO.....	295
Чушенков В.И., Крутский Ю.Л., Квашина Т.С. РАШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА АКТИВИРУЮЩИХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КРЕМНИЯ.....	300
Иванчик Н.Н., Балановский А.Е., Кондратьев В.В., Сысоев И.А., Карлина А.И. ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА $Al + 2,18\% Fe$ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ.....	305
Ганиев И.Н., Джайлоев Дж.Х., Амонов И.Т., Эсанов Н.Р. ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ФАЗОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ СПЛАВА И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА СЛОЯ ПОКРЫТИЯ.....	311
Шувень Сюй, Сичжан Чен ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СИЛУМИНА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ИТТРИЯ.....	318
Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Загуляев Д.В., Толкачев О.С., Петрикова Е.А., Коновалов С.В. ФОРМИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПОРИСТОСТИ ВО ВРЕМЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ДВУХФАЗНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ DP780.....	321
Хуанг Л., Чэнь С., Коновалов С., Ма Х. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА СПЛАВА И ЕГО РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА НАПРЯЖЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ.....	327
Зиу С., Чэнь С. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В КАРБИДООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМАХ $Ti - C - N - H$, $Ti - O - C - N - H$	334
Гарбузова А.К., Галевский Г.В., Руднева В.В. О КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БИНАРНОГО СПЛАВА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ТУГОПЛАВКИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ.....	338
Черепанов А.Н., Черепанова В.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СВАРКИ ДЛИННОМЕРНЫХ РЕБРИСТЫХ ТИТАНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ УСП-5000.....	344
Григорьев В.В., Бахматов П.В. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ АЛЮМИНИЕВОГО ТРУБОПРОВОДА НА ПОРООБРАЗОВАНИЕ.....	350
Ващук И.А., Бахматов П.В. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СВАРКЕ ПЛАВЛЕНИЕМ.....	358
Чинахов Д.А., Солодский С.А., Майорова Е.И., Григорьева Е.Г.	

СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ.....	363
ОБРАЗОВАНИЕ И ВЫБРОСЫ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	363
Галевский Г.В., Минцис М.Я. СОКРАЩЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ С ПЕРЕВОДОМ ОТОПЛЕНИЯ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО	366
Коротков С.Г., Сазонова Я.Е. К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	369
Прошунин Ю.Е., Школлер М.Б. ЭМИССИЯ ПАУ ИЗ САМООБЖИГАЮЩИХСЯ АНОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ.....	375
Минцис М.Я., Галевский Г.В. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ГАЗООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК ОК РУСАЛ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ С САМООБЖИГАЮЩИМСЯ АНОДОМ.....	377
Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Шемет А.Д., Высотский Д.В., Кузаков А.А., Тенигин А.Ю. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРЕЛКЕ СО ВСТРОЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ РЕКУПЕРАТОРОМ.....	383
Стерлигов В.В., Стариков Д.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИЛИКОМАРГАНЦЕВОГО ШЛАКА	388
Павлович Л.Б., Исмагилов З.Р., Дятлова К.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КОКСОХИМИИ	394
Полях О.А., Пономарев Н.С., Журавлев А.Д. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЛОГЕНОСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	398
Гимпелевич И., Мегидов Е., Мишне И., Рам Ш., Шимон Ю. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКРЕМНЕЗЕМА.....	401
Кондратьев В.В., Колосов А.Д., Горовой В.О., Небогин С.А., Ёлкин К. С., Немаров А.А., Иванов А.А. ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ ОКАЛИНЫ ПРОКАТНЫХ ПРОИЗВОДСТВ	406
Горшкова О. С., Матюхин В. И. СИСТЕМА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА СИЛИКАТНОЙ СТРУИ ПРИ ПЛАВЛЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ.....	409
Волокитин Г.Г., Скрипникова Н.К., Волокитин О.Г., Шеховцов В.В. УСКОРЕННАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТХОДОВ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ	412
Водолеев А.С., Бердова О.В., Юмашева Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ.....	417
Коляда Л.Г., Тарасюк Е.В. ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭДП.....	421
Корнеев С.В., Трусова И.А. О ТЕХНОЛОГИЯХ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	427
Ёлкин К.С., Ёлкин Д.К., Карлина А.И. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУХОЙ СЕПАРАЦИИ МИКРОКРЕМНЕЗЁМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ	432
Кондратьев В.В., Небогин С.А., Колосов А. Д., Горовой В.О., Немаров А.А., Иванов А.А., Запольских А.С.	432
НАПРАВЛЕНИЯ СОКРАЩЕНИЯ РАСХОДА ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ	436
Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В., Карлина А.И. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЛЕНЕНИЯХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР	439
Никитин А.Г., Абрамов А.В.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	443
Зими́на Т.И., Ива́нов Н.Н., Захаров С.В., Трошина А.О., Паньков А.М.	
РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА	446
Ершов В.А., Зими́на Т.И., Говорков А.С., Ива́нов Н.А., Захаров С.В., Трошина А.О.	
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ РЕЗАНИЯ НА НОЖНИЦАХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОГНУТОЙ ПОЛОСЫ	449
Никитин А.Г., Демина Е.И.	
СОСТАВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЧАСТИ ОТРАБОТАНОЙ ФУТЕРОВКИ – ОТХОДА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	452
Ржечицкий Э.П., Петровский А.А., Немчинова Н.В.	
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ В ПЛАЗМЕННЫХ ПЕЧАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	457
Девятых Е.А., Девятых Т.О., Швыдкий В.С.	
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДОВ	461
Ершов В.А., Зими́на Т.И., Колмогорцев И.В., Горовой В.О., Трошина А.О.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЙ РАБОТЫ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ БАРАБАННОГО ТИПА.....	464
Черемискина Н.А., Щукина Н.В., Лошкарев Н.Б., Лавров В.В.	

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2017»

Труды XX Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 23.10.2017 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 27,6 Уч.-изд. л. 30,0 Тираж 300 экз. Заказ № 521

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