

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

*Посвящается 85-летию  
Сибирского государственного  
индустриального университета*

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:  
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ЧАСТЬ II**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
13-15 мая 2015 г.*

**выпуск 19**

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк  
2015**

ББК 74.580.268  
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р. тех. наук, профессор М.В. Темлянецв,  
канд. тех. наук, доцент Ю.К. Власкин,  
д-р. тех. наук, профессор Г.В. Галевский,  
д-р. тех. наук., профессор О.И. Нохрина,  
канд. биол. наук, доцент И.С. Семина,  
канд. тех. наук, доцент С.Г. Коротков

Н 340                      Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды  
Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и  
молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред.  
М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015.–  
Вып. 19.– Ч. II. Технические науки.– 369 с., ил.– 108, таб.– 64.

ISBN 978-5-7806-0430-3

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Второй том сборника посвящен актуальным вопросам в области технических наук: перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISBN 978-5-7806-0430-3

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2015

# **I. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

УДК 622.271

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСУШЕНИЯ БОРТОВ КАРЬЕРА**

**Вайгель К.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье произведён анализ существующих способов осушения месторождений, разрабатываемых открытым способом.

Ключевые слова: система осушения, дренажный контур, водозащита горных выработок.

Важнейшей проблемой введения горных работ на карьерах является обводненность горного массива. Россия и большинство других горнодобывающих стран вошли в XXI век с необходимостью освоения глубоких высокообводненных месторождений полезных ископаемых.

Работы на обводненном месторождении предусматривают согласованное проведение комплекса работ по осушению. Ежегодные расходы на осушение шахт составляют 3,8 - 4,5%, а на осушение карьеров 7,3 - 19% себестоимости добываемого угля.

С целью нахождения наиболее прогрессивных и эффективных методов осушения произведён анализ существующих методов.

Наиболее распространенной на отечественных разрезах, является двухконтурная система расположения дренажных устройств, которая включает внешний заградительный дренажный контур, состоящий из линии водопонижающих скважин, которые сооружаются по периметру карьера или вдоль наиболее обводненной части борта. Внутренний (второй) контур может включать прибортовые дренажные каналы или систему горизонтальных дренажных скважин, задаваемых с уступов в борт карьера нормально линии основания откоса в плане. Депрессионная поверхность подземных вод в этом случае формируется под воздействием дренажных устройств обоих контуров. Второй дренажный контур предназначен для перехвата проскока подземных вод через внешний дренажный контур, для снижения гидростатического взвешивания и гидродинамического давления вод проскока, высоты высачивания на откос, что необходимо для предупреждения развития суффозионного процесса, оплывания и других негативных геологических явлений, и в конечном итоге для обеспечения необходимой устойчивости прибортового массива.

Способ защиты открытых горных работ с помощью систем водопонижающих скважин и преимущественно горизонтальных скважин имеет ряд существенных недостатков, к которым относятся:

- необходимость выполнения дренажных работ на двух уровнях – на поверхности с внешней стороны карьера и внутри карьера на одном (или нескольких) уступах;

- применение при выполнении дренажных работ различных типов буровой техники;

- большое число одновременно эксплуатируемых насосов, что снижает надежность защитной системы;

- необходимость обеспечения подъездных дорог к дренажным контурам;

- необходимость устойчивого энергоснабжения и обслуживания водопонижающих скважин;

- опасность разрушения (повреждения) водопонижающих скважин при перемещении горнотранспортного оборудования и при разнесении бортов карьера;

- сложность конструкций водопонижающих скважин, пересекающих чаще всего слоистую толщу покровных отложений, содержащую несколько водоносных горизонтов;

- необходимость оставления в водопонижающих скважинах столба воды для создания нормальных условий эксплуатации (охлаждения) насосного оборудования, что создает условия для увеличения проскока подземных вод через заградительную установку и в целом снижает ее дренажный эффект;

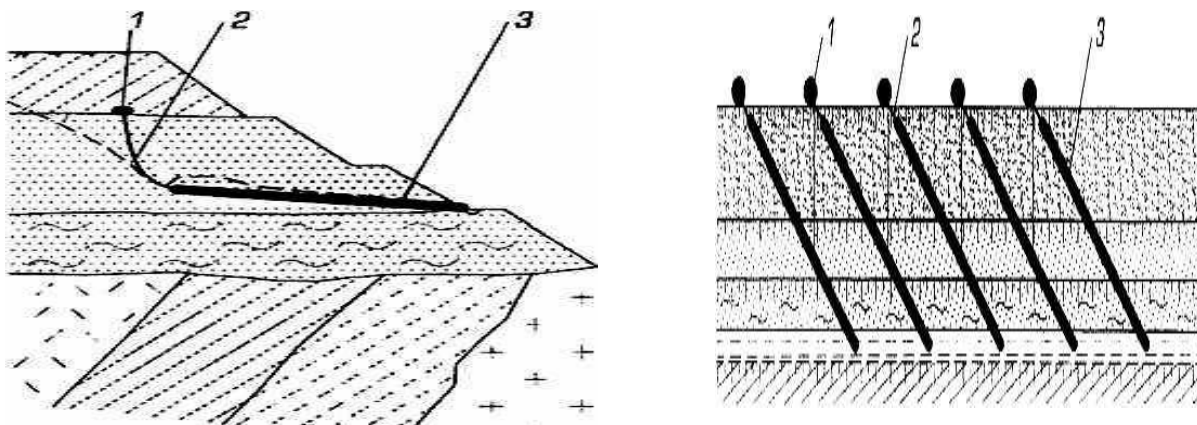
- возможность проникновения с поверхности через устья водопонижающих скважин различного рода загрязнений в водоносные горизонты, пересекаемые водопонижающими скважинами, что вызывает необходимость выполнения гидроизоляционных работ.

Под руководством профессора Пономаренко Ю.В в ОАО «ВИОГЕМ» разработан способ осушения месторождений с помощью систем комбинированных дренажных устройств, представляющий собой конструктивное соединение (слияние) горизонтальной (слабонаклонной) и вертикальной (восстающей) скважин в дренажной системе, закладываемой с уступа в борт карьера у почвы водоносного горизонта. Строительство комбинированных дренажных устройств начинают после вскрытия разрезной траншеей первоочередного участка горных работ сложно-структурированных массивах. Комбинированная система представлена на рисунке 1.

Способ осушения с помощью систем комбинированных дренажных устройств предполагает:

- переход на одноконтурную дренажную систему осушения бортов карьеров;

- отказ от применения водопонижающих скважин на стадии эксплуатации, характеризующихся сложной конструкцией и значительными глубинами бурения;



1 - буровой наконечник; 2,3 - восстающая и горизонтальная части дренажного устройства соответственно

Рисунок 1 - Схема (разрез и план) осушения бортов карьера с помощью одноконтурной внутрикарьерной системы комбинированных дренажных устройств

- повышение надежности и технической эффективности дренажных систем и упрощение их эксплуатации и в связи с отказом от применения скважинных погружных насосов;
- повышение устойчивости бортов карьеров, безопасности ведения горных работ, возможность увеличения углов заоткоски уступов;
- безаварийная эксплуатация дренажных систем;
- снижение уровня потребления электроэнергии;
- исключение возможности проникновения загрязнений в чистые дренажные воды, поскольку комбинированные устройства не выходят на поверхность, что решает проблему охраны подземных вод;
- повышение экономических показателей работ по осушению карьеров наиболее неблагоприятному случаю относительного залегания структурных нарушений и откоса борта карьера.

Комбинированная система эффективна и обеспечивает наиболее надежную устойчивость бортов карьера, но также увеличиваются затраты и время на ее строительство и поддержание. Кроме того данная система исключает проникновение загрязнений в подземные воды, тем самым соответствуют экологическим требованиям. Горизонтальная дренажная система используется в более простых геолого-гидрогеологических условиях и является менее затратной. Но с уменьшением затрат ухудшается качество дренажа и увеличивается вероятность загрязнения подземных вод.

#### Библиографический список

1. Справочник по осушению горных пород /Кравчук С.В.[и др.]; под.ред. Кузькина В.С. - М.: Недра, 1984. – 365 с.
2. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах [Текст] / ВНИМИ. – СПб., 1998. – 208 с.

3. Пономаренко Ю.В. Способ осушения бортов глубоких карьеров с помощью систем комбинированных дренажных устройств / Ю.В. Пономаренко // Горный журнал. - 2014. - №7.

4. Воронин А.А. Об эффективности горизонтальных дренажных скважин при осушении бортов карьера / А.А. Воронин, Ю.В. Пономаренко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. - 2011. - №21.

УДК 622.271

## **ОБОСНОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ «ПОЛЕ ШАХТЫ «МАЙСКАЯ»**

**Немчинова Ю.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк,*

В статье произведён выбор системы разработки и способа вскрытия для участка открытых горных работ с пологим залеганием пластов.

Ключевые слова: система разработки, способ вскрытия, производственная мощность.

Развитие открытого способа добычи угля в первую очередь будет осуществляться за счет реконструкции и технического перевооружения действующих разрезов. Однако для компенсации выбывающих мощностей будет вестись строительство новых предприятий. Наличие пригодных для открытой разработки запасов углей предполагает в первую очередь развитие открытых работ в Сибири и на Дальнем Востоке. Наибольшее развитие получают Канско-Ачинский и Кузнецкий бассейны.

По административному положению участок «Поле шахты «Майская» Разрез «Первомайский» расположен в Прокопьевском муниципальном районе Кемеровской области. Участок открытых работ расположен в юго-восточной части поля шахты «Майская», расположенной в северо-западной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузнецкого бассейна. Южнее участка в 2 - 3 км находится участок «Купринский». В границах поля шахты «Майская» ведут открытую добычу угля разрезы «Майский» и «Губернский». Юго-восточнее участка в 5 - 8 км ведут добычу угля шахты «Котинская». В 10 - 12 км северо-западнее ведет добычу разрез «Караканский - Южный» (рисунок 1).

Вмещающая продуктивная толща участка представлена переслаиванием песчаников с крупно - мелкозернистыми алевrolитами, реже аргиллитами и углистыми разностями. Коэффициент крепости горных пород 3-10 по Протодьяконову.

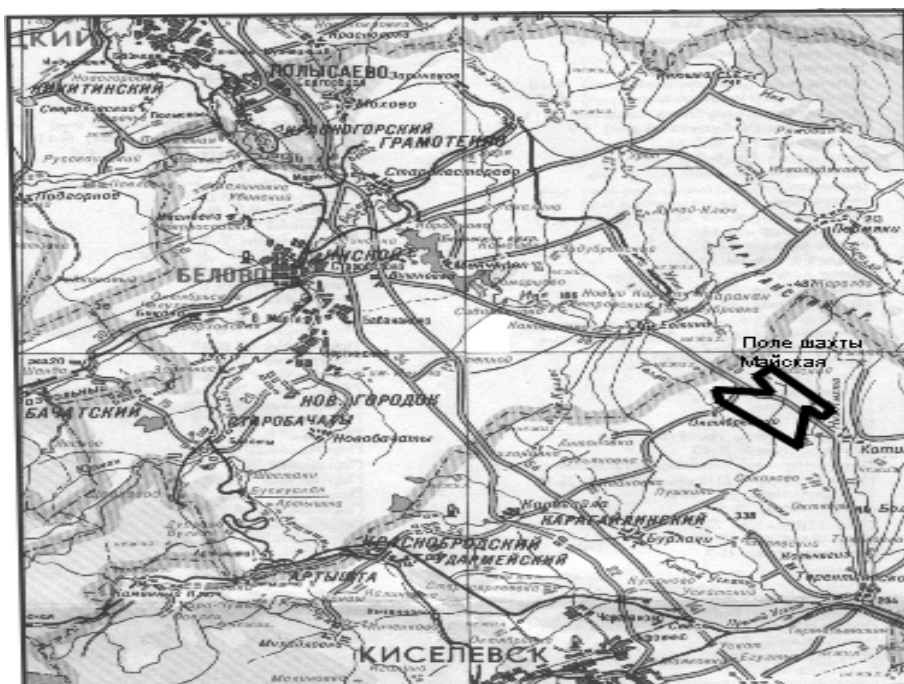


Рисунок 1 – Обзорная карта района ведения горных работ

Угленосность на этом участке составляет 11%. Участок, приурочен к замковой части Евтинской антиклинали и восточному крылу Соколовской синклинали. Вскрываемая часть которой в границах лицензии содержит пласты 9а и 10 мощность пластов 9а состоит из 4-6 пачек угля. Суммарная мощность от 3,30 до 5,85м, и пласт 10 состоит из 2-5 пачек угля суммарной мощностью от 5,86 до 9,87м. Угли марки Д. По мощности пласты угля 9а и 10 относятся к средним и имеют очень сложное строение. Общее количество запасов в границах участка составляет 30115 тыс. тонн угля, общее количество вскрыши 286017 тыс. м<sup>3</sup>, следовательно, средний коэффициент вскрыши равен 9,5, на основании равенства данного коэффициента вскрыши с граничным принято решение о целесообразности разработки участка «Поле шахты «Майская».

Эффективность разработки участка в первую очередь будет зависеть от параметров системы разработки и способа вскрытия карьерного поля.

Выбор системы разработки для отработки месторождения осуществляется по «Классификации систем открытой разработки», предложенной академиком В.В. Ржевским. Падение пластов на месторождении, является определяющим фактором при выборе системы разработки. Для пологих пластов наиболее подходящей является сплошная система разработки. Характеризуется развитием горных работ в плане. Анализ факторов, определяющих выбор системы разработки, показал, что отработку запасов участка первой очереди целесообразно осуществлять по сплошной однобортовой системе разработки. В качестве комплекса оборудования, согласно классификации академика В.В. Ржевского, принят экскаваторно-транспортно-отвальный (ЭТО) комплекс.

Вскрытие участка первой очереди «Поле шахты «Майская» целесообразно осуществить по двухфланговой схеме, при этом определяющим фак-

тором при выборе способа вскрытия является необходимость формирования двух грузопотоков – добычного и вскрышного. Южный фланг вскрывается южной полутраншеей внутреннего заложения, с отметки +310 м, до отметки +295 м выхода пласта 10 под четвертичные отложения экскаваторами ЭШ-13/50 по бестранспортной технологии с последующей погрузкой навалов прямой лопатой РС-2000-8 в автосамосвалы БелАЗ-75131. Нагорная часть и четвертичные отложения вскрываются транспортными бермами, экскаваторами драглайнами ЭШ-13/50 по бестранспортной технологии с последующей погрузкой навалов прямой лопатой РС-2000-8 в автосамосвалы БелАЗ-75131 и прямой гидравлической лопатой ЕХ-3600 с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75131.

Восточный фланг вскрывается северо-восточной траншеей внешнего заложения с отметки рельефа +300 м до +290 м. Проходка траншеи осуществляется Аналогично Южному флангу.

Подготовка горных пород к выемке осуществляется преимущественно буровзрывным способом. Выемочно-погрузочные работы производятся при помощи экскаваторно-автомобильных комплексов.

Перемещение горной массы приводится с участка открытых горных работ «Поле шахты «Майская» автосамосвалами БелАЗ-75131 на внешний внутренний отвал. На начальный период эксплуатации принято внешнее бульдозерное отвалообразование. В последующие периоды для уменьшения вреда наносимого экологии района, необходимо применять внутреннее отвалообразование.

Производственная мощность участка на момент максимального развития горных работ (4-й год) составляет 1500 тыс. т в год, принята в соответствии с выбранным комплексом оборудования. Данная производственная мощность удовлетворяет условиям норм технологического проектирования карьеров и не ограничивается провозной способностью въездной траншеи.

Предлагаемые технологические решения, обеспечат предприятию финансовую стабильность и высокий уровень доходности производственного процесса, снижение загрязнения окружающей среды в процессе эксплуатации предприятия за счет размещения внутреннего отвала, увеличение фронта работ за счет выбора оптимальной системы разработки, уменьшение травм и аварий при соблюдении предусмотренных правил безопасности.

#### Библиографический список

1. Проект строительства разреза «Первомайский» на участке недр «Поле шахты «Майская». - Кемерово: Сибгеопроект, 2013 - 563 с.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы / В.В. Ржевский. Ч. II. - М.: Недра, 1985 - 549 с.
3. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов / ВНТП 2-86. Минуглепром СССР. – М.: 1986. –56 с.



## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ГРАНИЦ КАРЬЕРОВ**

**Терешенко А.Н., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье произведён анализ существующих методик определения границ карьеров.

Ключевые слова: конечные контуры карьера, граничный коэффициент вскрыши, контурный коэффициент вскрыши.

Задача оценки рациональных границ открытых горных работ является одной из наиболее актуальных в горной практике. Многие горные предприятия ведут открытую разработку по устаревшим проектным решениям, потерявшим живую связь с современным уровнем техники и технологии горных работ, а также основанных на устаревших экономических оценках.

В настоящее время ряд горных производств стоит перед проблемой истощения запасов, предназначенных для открытой добычи. Проблема истощения запасов до принятия решения о прекращении добычи может быть решена:

- переходом на подземную добычу;
- включением в открытую отработку новых участков;
- включением в отработку техногенных месторождений (хвостохранилища, отвалы и т.д.);
- разнесом бортов и дальнейшей углубкой карьеров до отметки, позволяющей вести горные работы с приемлемым уровнем рентабельности.

Переход к подземной добыче сопряжен с необходимостью значительных капитальных затрат на строительство шахты, созданием необходимой инфраструктуры и закупкой оборудования, что фактически является отдельным проектом горных работ. Однако сложные горно-геологические условия месторождения часто ограничивают возможность применения высокопроизводительных механизированных систем разработки и определяют большие операционные затраты при низкой производительности.

Следует отметить, что разделение запасов, предназначенных для открытой или для подземной добычи, в ряде случаев производилось еще в советский период времени. С учетом изменения экономических показателей, развития технологии и стоимости товарной продукции, данные оценки устарели и должны быть пересмотрены.

Практика показывает, что в отдельных случаях запасы для открытых горных работ могут быть увеличены в 2-3 раза. Так, технико-экономическая оценка для одного из угольных разрезов Сибири, позволила осуществить при-

рост запасов более чем на 200 %, при углубке карьера более чем на 250 м.

Согласно сложившейся практике, одним из основных критериев для установления границ открытых горных работ является граничный коэффициент вскрыши. Вопросам определения границ карьеров и рациональной величины граничного коэффициента вскрыши в разное время были посвящены работы многих известных ученых в области открытых горных работ, включая: В. В. Ржевского, Н. В. Мельникова, Ю. И. Анистратова, А. И. Арсентьева, К. Е. Винницкого, К. Н. Трубецкого, П. И. Городецкого, П. Э. Зуркова., Б. П. Юматова, В. Л. Яковлева, В. С. Коваленко, Б. П. Боголюбова, М. Г. Саканцева и др.

Экономический подход к обоснованию границ карьеров сформировался еще в 20 - 40 гг. прошлого века. К настоящему времени благодаря многочисленным исследованиям, в основном обобщенным А. И. Арсентьевым и А. К. Полищуком, он оформился в систему с разными концептуальными подходами.

Имеющиеся аналитические методы определения граничного коэффициента вскрыши отличаются простотой и могут быть разделены на основные подходы:

1. Сопоставление себестоимости открытых горных работ и подземных горных работ;
2. Оценка по условию погашения себестоимости вскрышных и добычных работ выручкой от реализации товарной продукции;
3. Ряд концепций, основанных на сравнении граничных и контурных коэффициентов вскрыши и сравнении затрат за весь период разработки месторождения.

При сопоставлении себестоимости подземных и открытых горных работ достаточно сложно прогнозировать на этапе предпроектных оценок, при этом погрешность прогнозирования показателей себестоимости всегда будет выше для подземных горных работ, чем для открытых горных работ. Следует также отметить, что с учетом ряда параметров, не подлежащих прямой экономической оценке, таких как: капитальные затраты, уровень травматизма, риски аварий и т. д., открытая добыча практически всегда более предпочтительна, даже в случае более низкой себестоимости на подземных горных работах. Игнорирование этих обстоятельств необъективно снижает границы открытых горных работ.

Условие погашения себестоимости вскрышных и добычных работ выручкой от реализации товарной продукции не является объективным критерием установления границ горных работ в условиях рыночной экономики. Необходимо также учитывать рентабельность, приемлемую для инвестора, идущего на риски при инвестировании в капиталоемкие горные проекты.

Наибольшее применение в современной проектной практике при определении границ карьеров находит граничный коэффициент вскрыши, определяемый из экономических предпосылок. Это максимально допустимый ко-

эффицент вскрыши, при котором в данных условиях открытая разработка месторождений экономически целесообразна.

При отработке комплексных месторождений, представленных несколькими полезными ископаемыми, следуя современной тенденции комплексного освоения недр, целесообразно пользоваться для определения границ открытых работ предложенным Г.А. Холодняковым граничным коэффициентом добычи.

Все стоимостные показатели в указанных выражениях принимаются в соответствии с достигнутыми на действующих передовых предприятиях, имеющих аналогичные проектируемому горно-геологические условия залегания, технико-технологические условия разработки и масштаб горных работ, либо принимаются по проектам аналогичных новых предприятий.

При различии между проектируемым предприятием и аналогом в производительности для сопоставимости стоимостных показателей производится их пересчет, учитывающий снижение себестоимости в зависимости от увеличения масштаба производства, и наоборот.

Преимущество использования дисконтированных граничных коэффициентов вскрыши в том, что их значения можно определять вариантно и применять в зависимости от реальных возможностей изменения наиболее значимых факторов, особенно технологических, которые могут значительно повлиять на границы карьеров.

Современные информационные технологии, основанные на стандартных программах горно-геологического моделирования, позволяют увязать технологические решения и геологические условия с моделированием в полуавтоматическом режиме расчета денежных потоков. Это значительно упрощает детальную экономическую оценку проекта строительства горного предприятия и поиск оптимальных технологических решений.

#### Библиографический список

1. Твердов А.А. Современные методические подходы к определению границ открытых горных работ./ А.А.Твердов, А.В Жура, С..Б. Никишичев // Уголь, №2, 2009г. – С. 21 - 21.
2. М. Г. Саканцев / Применение дисконтированных граничных коэффициентов вскрыши при определении границ карьеров // Известия вузов. Горный журнал, №7, 2007.- С. 3 - 8.
3. Проектирование границ открытых горных работ: Учебное пособие / О.В.Шпанский, Д.Н.Лигоцкий, Д.В.Борисов. Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2003.- 90 с.

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, КОМПЬЮТЕРОВ И ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

**Брыксин Н.С., Володина А.В.**

**Научные руководители: канд. тех. наук, доцент Власкин Ю. К.,  
канд. тех. наук, доцент Володина А. В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Проведен анализ зарубежного опыта извлечения редкоземельных элементов при утилизации отработанных машин, механизмов, компьютеров и электронной техники, а также излагаются возможности и перспективы извлечения их из угольных и других месторождений Кузбасса

Ключевые слова: редкоземельные элементы, повторное извлечение, высокотехнологичная индустрия, добавленная стоимость, конкурентоспособность продукции.

В последнее время в связи с бурным развитием высокотехнологичной индустрии для производства деталей автомобилей, смартфонов, ветрогенераторов, динамиков и других электронных систем возросла потребность в использованных редкоземельных элементах – цирконии, германии, иттрии, ниобии и других, цены на которые возросли в пять и более раз [1].

Причиной роста цен на редкоземельные элементы явилось ограничение их поставок Китаем в развитые европейские и азиатские государства (Японию) в связи с развитием производства высокотехнологичной и электронной техники в собственной стране.

Это заставило учёных ряда стран разработать технологии по переработке отработанной техники и электроники с целью повторного извлечения редкоземельных элементов.

В Японии инженеры компании HONDA разобрали аккумуляторы автомобилей, находящиеся буквально на свалке, отделили пластиковые и металлические детали, растворили в кислоте находящееся внутри вещество и при помощи электрического метода выделили из него до 80 % редкоземельных элементов. Ранее повторно выделять редкоземельные элементы из отработанных деталей не удавалось ни одному автопроизводителю. С целью экономии использования редкоземельных элементов японским производителем электроники Hitachi разработан двигатель, в котором не используются редкоземельные элементы. Компания Toyota объявила о планах производства электромобилей также без применения редкоземельных элементов.

Во Франции проявили творческий подход получения редкоземельных элементов из отработанной техники. Так, в течение последних лет европей-

ским потребителям запрещено выбрасывать энергосберегающие лампочки вместе с бытовыми отходами, так как они содержат ядовитую ртуть.

Кроме того, производители и потребители собирают по всему миру около 80 тыс. тонн использованных ламп и в результате переработки получают несколько тонн редких веществ.

Пользующиеся спросом отходы завозятся кораблями даже из США, в результате переработки которых французам удаётся получить шесть видов редкоземельных элементов, среди которых дорогие европий и тербий. В настоящее время во всей Европе используется около 15 тысяч тонн редкоземельных элементов, полученных после переработки продукции промышленного производства.

Полученные некоторыми странами и фирмами редкоземельные элементы, как и золото, рассматриваются в качестве «подушки безопасности» и могут стать той ценностью, которую лучше не выпускать из рук.

Попутное извлечение с достаточно высоким содержанием редкоземельных элементов как непосредственно в угольных и других месторождениях Кузбасса, так и в золотошлаковых отвалах ТЭЦ [2,3], а также переработка отработанной техники и аппаратуры с содержанием редкоземельных элементов по опыту зарубежных государств позволит получать продукцию горного и перерабатывающего производств с более высокой добавленной стоимостью и значительно повысить конкурентоспособность региона как на внешнем, так и внутреннем рынке.

В целом, инновационный прорыв по получению редкоземельных элементов, других металлов и материалов из технических отходов в направлении замкнутой экономики, в которой сырьё каждый раз перерабатывается и используется вновь, всё больше охватывающий в развитых странах всю высокотехнологичную индустрию, позволит решить проблему ликвидации всё более увеличивающегося технического «мусора» и оздоровления экологической ситуации на нашей планете «Земля».

#### Библиографический список

1. Donner Susanne. Wie sich Seltene Erden recyceln lassen [Электронный ресурс]// Handelsblatt. – Режим доступа : [http://www. Handelsblatt. com/ technologie /forschungmedizin/forschung-innovation/rohstoffe-wie-sich-seltene-erden-recyceln-lassen/8887404.html#](http://www.Handelsblatt.com/technologie/forschungmedizin/forschung-innovation/rohstoffe-wie-sich-seltene-erden-recyceln-lassen/8887404.html#).
2. Исламов С. Р. Экономический кризис как побуждение к глубокой переработке угля // Уголь, № 2, 2013. – С. 46-48.
3. Скурский М.Д. Прогноз редкоземельно-нефтегазоугольных месторождений в Кузбассе // ТЭК и ресурсы Кузбасса, 2/15.– 2004.- 24-30.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Талабира В. Ю.

Научный руководитель: доцент Маринченко В.И.

Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, talabira@mail.ru

В данной статье рассмотрен способ усовершенствования применяемой в настоящее время двухштрековой системы подготовки угольных пластов к очистным работам.

Ключевые слова: система подготовки, безопасность, усовершенствование.

На многих шахтах Юга Кузбасса при добыче угля применяется двухштрековая система подготовки и безцеликовая технология выемки с погашением внутрилавного целика угля.

Один из вариантов этой системы представлен на рисунке 1.

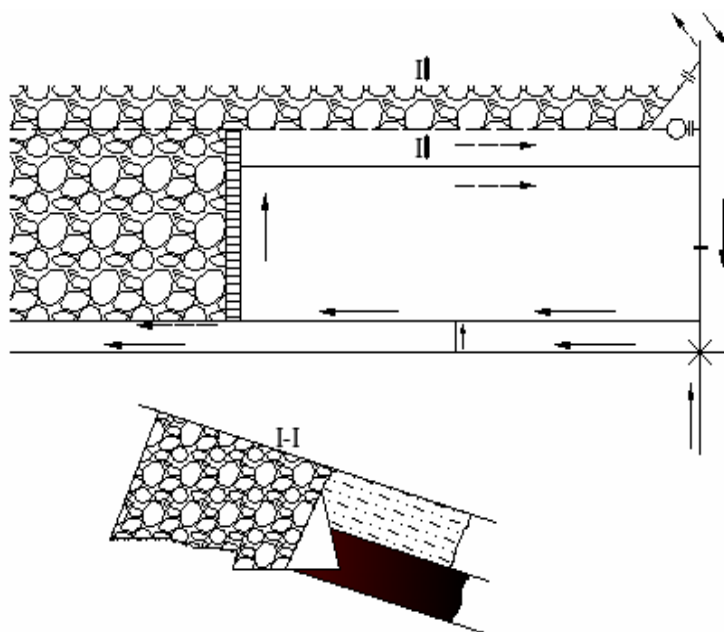


Рисунок 1 - Двухштрековая система подготовки

При перемещении линии очистного забоя в остающемся в завале конвейерном штреке ведутся работы по его поддержанию для повторного использования в качестве вспомогательного вентиляционного штрека при отработке смежного, ниже расположенного выемочного столба. При ведении очистных работ внутрилавная выработка (вентиляционный штрек) сохраняет свои геометрические размеры и состояние на весь период отработки. Вспомогательный, повторно используемый штрек, непосредственно примыкающий к отработанному и погашенному массиву пород кровли, постоянно на-

ходится в аварийном состоянии. Выработка становится непроходимой и непригодной не только для осмотра и контроля, но и для пропуска вентиляционной струи и переходит в состояние глухого завала.

В результате шахтеры вынуждены работать в условиях, не всегда соответствующих ПБ. Основные из них:

- при выемке угля в верхней (кутковой) части лавы отсутствует верхний запасной выход из лавы;

- формируется неустойчивая система проветривания кутка лавы, что приводит к постоянному загазованию рабочего пространства;

- проветривание верхней части лавы производится через завал, иногда при помощи газоотсасывающих установок (шахта “Распадская”), что вообще неприемлемо с точки зрения ПБ (рисунок 1);

- возникают проблемы с выездом комбайна на верхнее сопряжение, так как привод забойного конвейера вынужденно устанавливается под верхними секциями.

При постоянной углубке горных работ в Кузбассе дальнейшее применение в общем эффективной двухштрековой системы для отработки газовых пластов становится невозможным из-за увеличивающегося горного давления. Требуется ее усовершенствование. В настоящей работе предлагается модернизировать классическую двухштрековую систему следующим образом:

- при ведении очистных работ в действующей лаве поддержание вспомогательного штрека не производится; принимаются меры по его погашению;

- после завершения очистных работ в лаве и демонтажа комплекса, «вприсечку» с выработанным пространством (вне зоны влияния опорного давления), проводится новая выработка на всю длину панели. Тем самым подготавливается смежный нижерасположенный выемочный столб (рисунок 2), при отработке которого новая выработка будет служить в качестве вспомогательного вентиляционного штрека, необходимого при выемке междулавного целика;

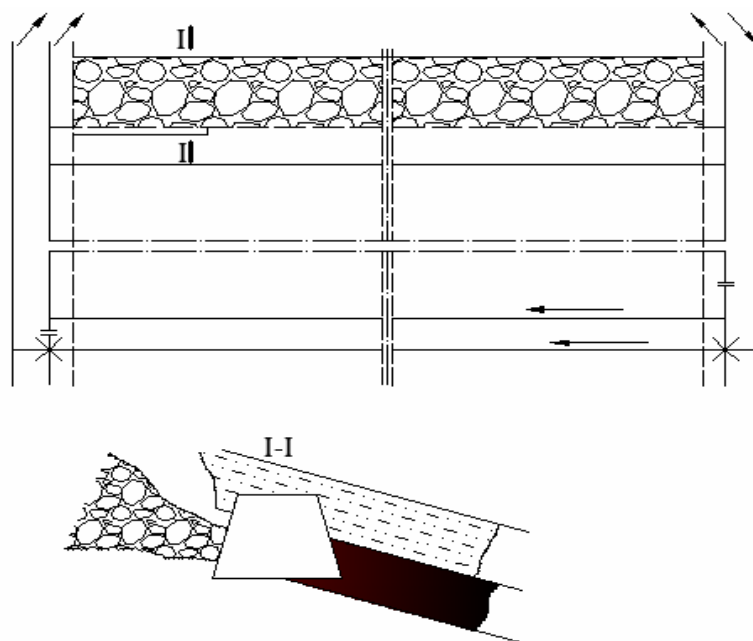


Рисунок 2 - Усовершенствование двухштрековой системы подготовки

- для «разгрузки» вентиляционной сети в нижнюю точку фланговых бремсбергов проходится скважина – ствол, которая оснащается соответствующим вентилятором (рисунок 3).

Реализация предлагаемых усовершенствований открывает возможность иметь на верхнем сопряжении полноценную выработку. Это создает условия для устойчивого проветривания выемочной панели, повышает уровень безопасности для обслуживающего персонала.

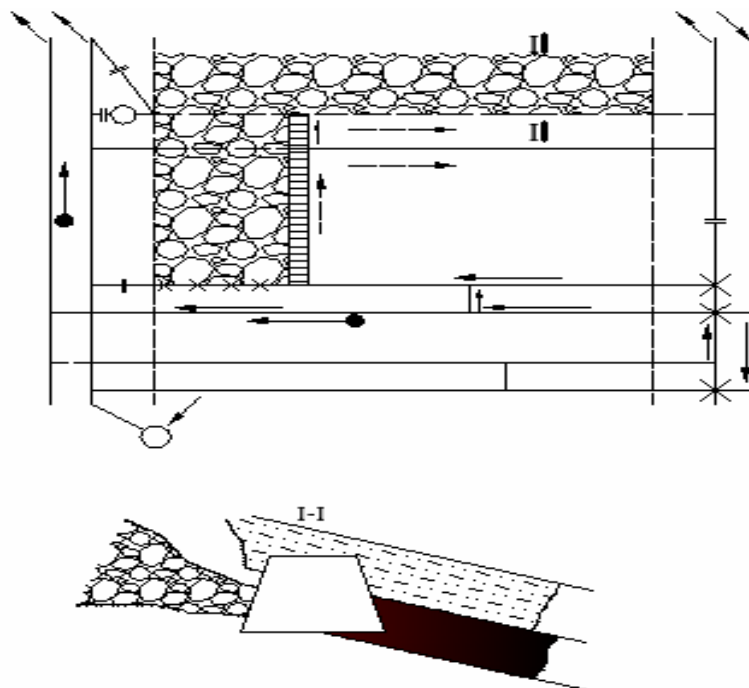


Рисунок 3 - Усовершенствованная двухштрековая система подготовки

Кроме того, появится реальная возможность более эффективно использовать дегазацию из купола обрушения в действующей лаве, принимая во внимание возможности технологии направленного бурения. Для этого следует отдавать предпочтение использованию возвратных схем проветривания.

В данном предложении имеется один негативный момент. Для очистного комплекса после его демонтажа на время проходки нового штрека необходимо иметь резервный очистной забой. Но это отдельная тема.

#### Библиографический список

1. Коровкин Ю.А. Теория и практика длиннолавных систем // Ю. А. Коровкин, П. Ф. Савченко, А. Г. Саламатин, В. И. Постников / М.: Техгор-маш, 2004.- 600с.: ил.



## ИСТОРИЯ ДОБЫЧИ УГЛЯ ВО ФРАНЦИИ

Сычева А.С.

**Научные руководители: канд. тех. наук, доцент Власкин Ю.К.,  
доцент Бабицкая О.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Проведен анализ эпохи развития и затухания угольной промышленности Франции и замены угля другими видами топлива: нефтепродуктами, природным газом, гидро - и атомной энергией.

Ключевые слова: уголь, шахта, взрыв, добыча, топливо.

Изучение иностранного языка в техническом ВУЗе, а также этапов развития различных отраслей хозяйственной деятельности, в том числе угольной промышленности в зарубежных странах [1; 2] позволяет более объективно оценить отечественный опыт в собственной стране и более оптимально наметить пути развития различных отраслей промышленности.

Интенсивное развитие человеческого общества началось тогда, когда *Homo sapiens* научился добывать огонь, а также создавать, непрерывно совершенствовать и применять в хозяйственной деятельности орудия труда.

Первыми энергетическими «ресурсами» для человека были дрова, которые длительное время использовались для отопления жилищ и в других отраслях хозяйственной деятельности. Так, Париж во Франции, начиная с XVI века, отапливался дровами, которые заготавливались в лесистом районе городов Кламеси и Лиона и транспортировались речным путем до столицы Франции [3, С. 86 - 87].

Затем данный вид топлива постепенно стал заменяться более высококалорийным углем, начало использования которого для обогрева жилищ также зафиксировано во Франции в 1095 году [4, С. 355].

Подземная добыча угля на шахтах Франции и других государствах была очень трудоемкой и опасной для жизни и здоровья шахтеров.

В романе Эмиля Золя «Жерминаль» описываются следующие картины жизни и работы шахтеров в угольных шахтах Франции.

«Зимним утром концессия шахт Курьер в Па-де-Кале представляет обычную картину «черных» регионов: еще заспанные поселки, пустынные улицы, но работа уже началась. Холодно. Только огни надшахтных зданий и непрестанно вращающиеся колеса подъемных машин показывают, что шахтеры упорно трудятся, добывая уголь. Они находятся на глубине 600 м.

Внезапно, ужасный толчок сотрясает регион. Только что произошел взрыв на шахтах Вийи-Монтиньи, Мерикур и Салломин. Внезапно проснувшись, люди бегут из шахтерского поселка. Мастера и инженеры, дневные ра-

бочие и начальство уже на месте, организуют помощь. Несмотря на все усилия, которые длились несколько недель, результаты ужасают: 1100 погибших.

Это катастрофа - одна из самых мрачных страниц в истории шахт Франции. В работе шахтеров несчастные случаи – это ежедневный риск: удушье, завалы, оползни, взрывы газов. На протяжении всего XIX века сколько трагедий! В апреле 1823 года в Анзэне 20 человек погибло в результате взрыва. Четыре года спустя в Анише 7 молодых людей погибло от удушья. В Бланзи 12 декабря 1867 года погибло 89 рабочих. Несмотря на эти катастрофы, для шахтеров – это ежедневная работа: каждое утро, около двух часов, шахтеры, плохо одетые, покидают свои дома, чтобы отправиться в шахту. Ежедневно они равнодушно работают в мрачной обстановке: оборудование покрыто мраком и пылью, машины, высокие трубы, переплетающиеся лестницы, железные площадки и ржавые мосты. Они приходят и механически погружаются в шахтные клетки, подвешанные на тросе.

Начинается спуск. На дне настоящий человеческий «муравейник», занятый работой. Проходчики проходят выработки в угольных толщах, чтобы обеспечить движение вагонеток. Взрывники проводят взрывные работы. Затем горняки отбивают блоки угля, монтируют рельсовые пути для передвижения. Откатчики заполняют вагонетки каменным углем регулярными и быстрыми взмахами лопат и проталкивают их до наклонной выработки.

С фронта забоя до наклонной выработки дорога не всегда удобна. Иногда путь представляет собой настоящий узкий проход. Иногда загруженная вагонетка наталкивается на стенки, и откатчик должен согнуться и толкать вагонетку ногами, чтобы не разбить голову. Бывает, что вагонетка сходит с рельсов. Тогда откатчик напрягается, чтобы вернуть ее на место. По всей длине «дороги», он постоянно упирается ногами в крепежные леса, чтобы найти в каждой стороне выработки прочную подпорку. Он потеет, тяжело дышит, хрустя суставами, но не жалуется, с равнодушием по привычке.

Внизу, на дне главной выработки, формируются составы, которые тянут часто слепые лошади или сдвигаются рабочими до пункта разгрузки, там, где выработка переходит в ствол. Оттуда уголь по стволу поднимается на поверхность.

Все работы в шахте осуществляются в темноте. Пыль прилипает к промокшим от пота, полуобнаженным телам. Возникает недостаток шахтного воздуха от горения ламп, увеличения взрывоопасного дыма и угарного газа. Работы вентиляторов недостаточно, чтобы восстановить недостаток воздуха, отягощенного угарным газом. Этот газ бесцветный и без запаха, он скапливается на потолке выработки и в неровностях перегородок, чтобы образовать с воздухом взрывчатую смесь. Шахтеры знают, что и «незначительной доли» увеличения газа достаточно, чтобы вызвать смертельный взрыв.

Чтобы избежать этого, они закладывают пустоты и формируют воздушный коридор по всей длине фронта добычи. Малейшее пламя может быть роковым, что объясняет усилия, предпринимаемые с XIX века, чтобы

улучшить безопасность осветительных ламп. Сначала, использовали в качестве горючего в лампах твердый парафин. Позже, начали использовать лампы Дэви, в которых пламя, окруженное металлической пластиной, позволяет избежать взрыва горючего газа. В XX веке шахтеры используют электрические лампы, в которых раскаленная нить накаливания изолирована стеклянным цилиндром из толстого стекла. Последняя предосторожность – лампы на бензоле, расположенные на стенах главной выработки: их пламя на фитиле характеризует состояние воздуха и показывает присутствие угарного газа, образуя круг голубого цвета. Но эти лампы освещают слабо. Постепенно, глаза, привыкшие к жизни в темноте, перестают приспосабливаться к дневному свету. Шахтеры жертвуют не только своим зрением в шахте. Из-за сырости и недостатка кислорода у них развивается астма, бронхит, туберкулез и, главным образом, из-за вдыхания пыли - силикоз легких. Всё постепенно убивает шахтеров» [3, С. 120-121].

Несмотря на большие трудности, во Франции отмечался рост промышленной добычи угля. Так, в 1813г. добыча составила 0,8млн. т, в 1830г. – 1,76 млн. т, в 1847г. – 5,17 млн. т. В связи с ростом объемов добычи угля в 1923г. Париж полностью перешел на отопление домов данным видом топлива, и доставка дров для этих целей была полностью прекращена. Наибольший рост добычи угля во Франции отмечается в 1926г. (66,1 млн. т) и в 1958г. (60 млн. т).

Затем, в связи с применением более калорийных видов топлива (природный газ, нефть, гидро- и ядерная энергия), происходит постоянное сокращение добычи угля в одной из промышленно развитых европейских государств - Франции. И в 2005 году закончилась угольная эпоха в данной стране.

#### Библиографический список

1. Власкин Ю.К.. Опыт изучения иностранных языков в Сибирском Государственном Индустриальном университете [текст]/ Ю.К. Власкин, О.П. Бабицкая// Сотрудничество с Францией в Сибири в области высшего образования: проблемы и решения: Тезисы докладов IV Междунар. научно-практ. конф.: Новосиб. гос. ун-т., Новосибирск, 2010, – 60 с. (С. 15-16).

2. Власкин Ю.К. ФГБОУ ВПО «Сибирский Государственный Индустриальный университет. Изучение французского языка – важное направление повышения компетенции студентов и преподавателей технического ВУЗа [текст] /Ю.К. Власкин, О.П. Бабицкая// Современные вопросы теории и практики обучения в ВУЗе: сборник научных трудов. Вып. 15. / Новокузнецк: СибГИУ, 2012.– 167 с., ил. (С. 100-103).

3. 2000 Ans de vie quotidienne en France/ publié par Sélection du Reader's Digest. – Paris, 1987. – 156 p.

4. Грунь В.Д. История угледобычи в России [Текст] / В.Д. Грунь, В.Е. Зайденварг, В.Г. Килимник и др. – М.: 2003г., 480 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И ПРОЧНОСТИ ПОРОД ПОЧВЫ НА ПАРАМЕТРЫ ПУЧЕНИЯ В ВЫРАБОТКАХ**

**Басов В.В., Риб С.В.**

**Научный руководитель: Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: id75206777@yahoo.com*

В статье рассмотрена проблема пучения пород почвы горной выработки и поддержание её в устойчивом состоянии при отработке пологого угольного пласта средней мощности. Изложены результаты исследования влияния структуры и прочности пород почвы на параметры пучения в выработках. В качестве исходных данных для исследования приняты горно-геологические условия ОАО «Шахта «Ерунаковская-VIII», Кузбасс.

Ключевые слова: пучение пород почвы, напряженно-деформированное состояние, устойчивость, горная выработка, угольный пласт, комплекс программ.

Поддержание подготовительных выработок в устойчивом состоянии является одной из основных проблем при разработке угольных месторождений. Неудовлетворительное состояние выработок сдерживает работу очистных забоев, шахтного транспорта, ухудшает условия проветривания, снижает безопасность.

С увеличением глубины разработки распространённой формой проявления горного давления является пучение пород почвы выработок. Как показывает опыт, при достижении в выработках величин пучения более 300 - 350 мм необходимо применение специальных мер по борьбе с ним.

В условиях ОАО «Шахта «Ерунаковская-VIII» при подготовке шахтного поля к очистным работам используется многоштрековая схема (рисунки 1). Выемочные столбы оконтуриваются тремя штреками с каждой стороны (вентиляционный, газодренажный и конвейерный). При отработке выемочных участков газодренажный штрек попадает в зону влияния очистных работ с двух сторон по мере развития горных работ. В штреке наблюдается пучение пород почвы.

Поэтому разработка методов прогноза параметров пучения в выработках для профилактики деформаций пород почвы является актуальной научно-практической задачей.

Для решения этой задачи был проведен анализ паспортов скважин, расположенных в пределах исследуемых выемочных участков (выемочные участки 48-3 и 48-4). Было установлено, что мощность пород между разрабатываемым пластом 48 и нижележащим пластом 45 по всей протяженности выемочного столба 48-3 меняется в пределах от 0,5-12 м.

Верхний угольный пласт 48 мощностью 2,2 м отрабатывается на глубине 373 м. По пласту проведен газодренажный штрек шириной 5 м и высотой 2,6 м, который охраняется угольными целиками с двух сторон шириной 30 м от влияния выработанного пространства длиной по 300 м выемочных столбов 48-3 и 48-4 (рисунок 1).

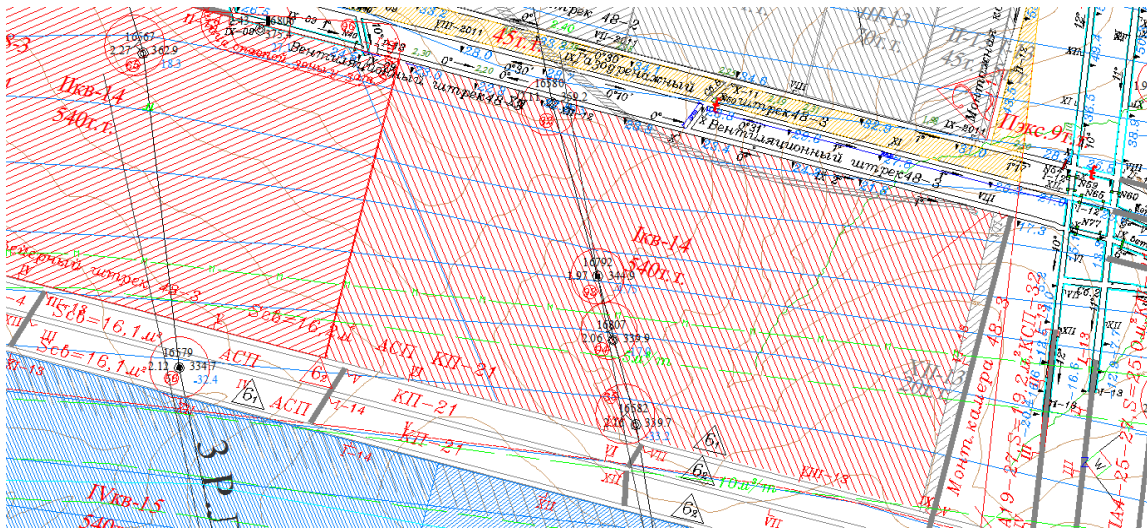
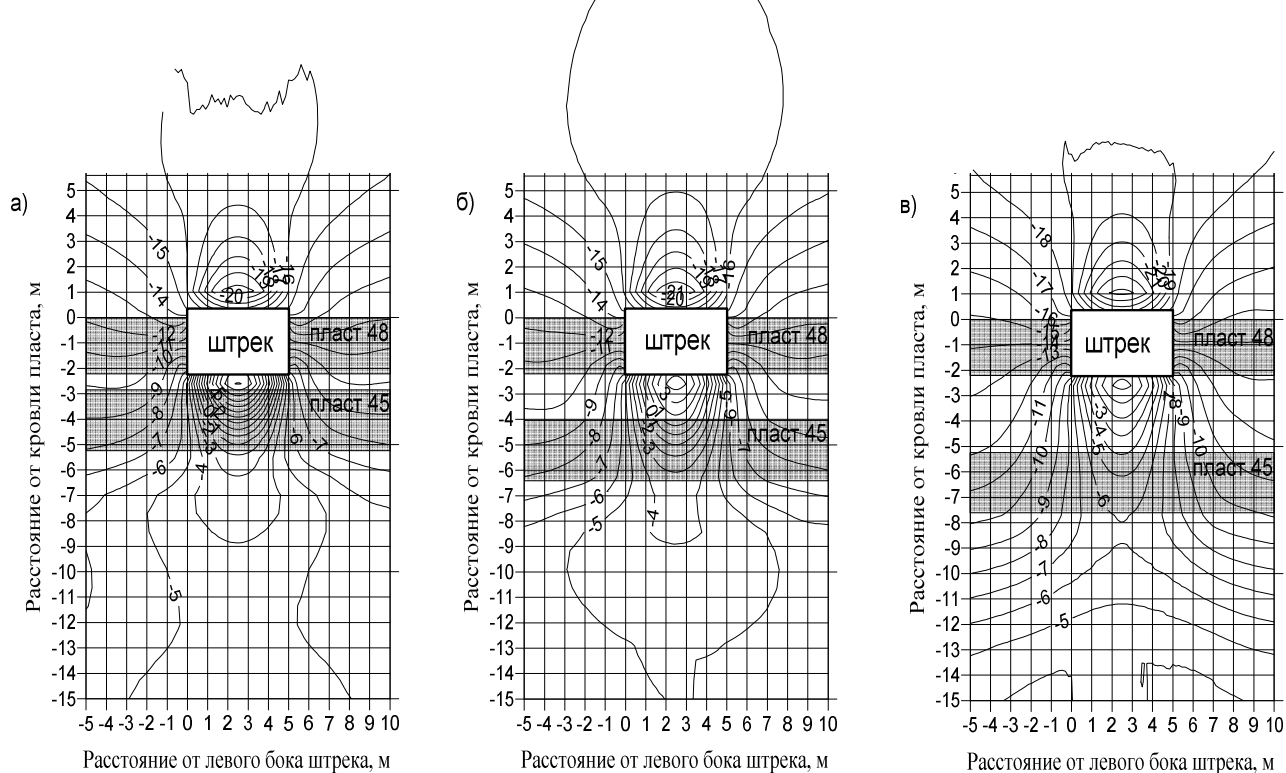


Рисунок 1- Выкопировка из плана горных работ по пласту 48

Для изучения характера взаимодействия нижележащего пласта-спутника 45 на эксплуатационное состояние штрека была решена двумерная задача механики горных пород о распределении напряжений в породах почвы и вокруг подготовительной горной выработки в слоистом углепородном массиве. Проведено моделирование геомеханического состояния геомассива посредством решения системы дифференциальных уравнений механики сплошной среды численным методом конечных элементов. Вычислительный эксперимент реализуется с помощью алгоритма и программного обеспечения, разработанных на кафедре геотехнологии СибГИУ и адаптированы для решения поставленных двумерных задач. Модифицированный к задачам настоящей работы комплекс программ CoalPillar предназначен для численного моделирования методом конечных элементов процессов изменения смещений, напряжений и деформаций под влиянием природных полей напряжений и горных выработок в углепородном массиве [1]. Авторские компьютерные программы выполнены на языке Фортран - 90 в среде программирования Microsoft Developer Studio. Визуализация и обработка полученных результатов проводится с помощью программы SURFER

При моделировании рассмотрено геомеханическое состояние пород междупластья, размер которого изменялся в пределах от 0,6 до 3 м от почвы пласта 48 до кровли пласта 45. Установлены параметры напряженно-деформированного состояния пород в окрестности штрека до и после отработки выемочного столба 48-3 и 48-4.

Результаты исследований представлены на рисунках 2 и 3.



а - мощность пород междупластья составляет 0,6 м; б - мощность пород междупластья составляет 1,8 м ; в - мощность пород междупластья составляет 3,0 м

Рисунок 2 – Изолинии распределения дополнительных вертикальных смещений (мм) в условиях неотработанных выемочных участков

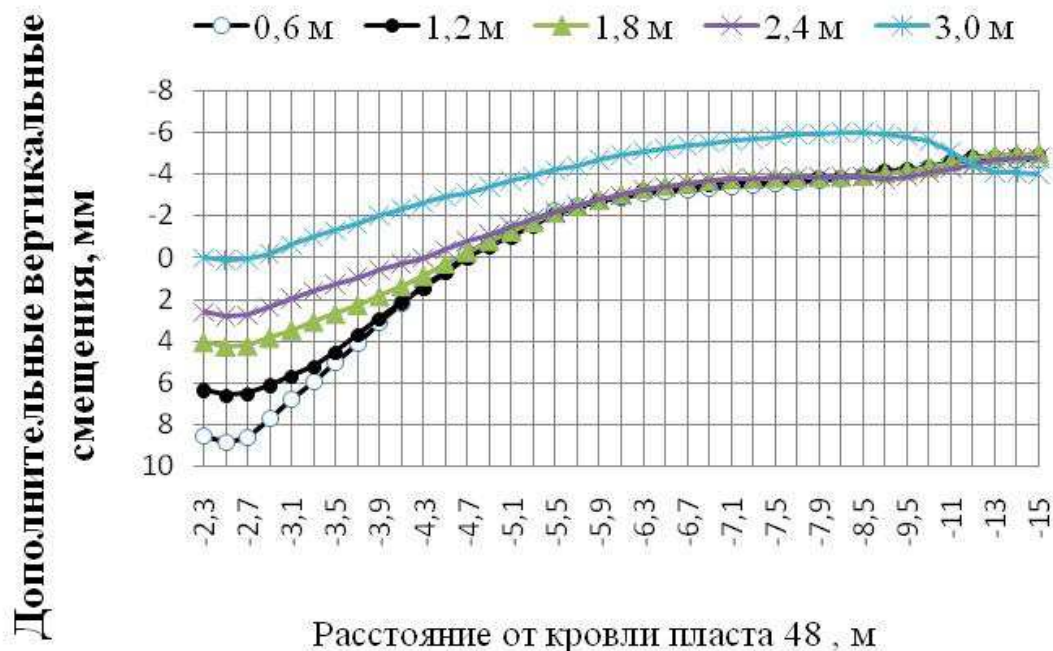


Рисунок 3 - Распределение дополнительных вертикальных смещений (мм) в почве штрека при разных размерах междупластья при следующих условиях: выемочные участки 48-3 и 48-4 не отработаны

Из рисунка 3 следует, что пучение пород кровли обратно пропорционально и зависит от мощности пород между пластами 45 и 48. Рекомендует-

ся при мощности пород меньше 3 м разрабатывать и проводить специальные мероприятия по упрочнению пород или разгрузке углепородного массива, а при мощности более 3 м необходимость управления пучением пород почвы пласта 48 отсутствует.

Предложенная методика исследований позволяет прогнозировать напряженно-деформированное состояние пород почвы и рекомендовать мероприятия по повышению устойчивости пучащих пород при разработке паспортов выемочного участка.

#### Библиографический список

1. Методика подготовки исходных данных для решения двумерных задач численного моделирования неоднородных угольных целиков/ С.В.Риб, В.В. Басов// Вестник СибГИУ. – Новокузнецк, № 4, 2014. С. 11-13.

УДК 622.272.2

### **К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО КОМПОНЕНТА КУРСА «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ»**

**Басов В.В., Риб С.В.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Домрачев А.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Данная работа посвящена вопросам повышения эффективности обучения студентов технологии отработки пологих пластов за счет использования обучающе-тестирующей программы выбора и оценки технологической схемы очистного забоя. Использование данной обучающе-тестирующей программы может стать важной составляющей интерактивного компонента курса «Технология отработки пологих пластов».

Ключевые слова: очистной забой, технологическая схема, пологие пласты, обучающе-тестирующая программа, скрипт.

В целях совершенствования подготовки студентов в современном вузе и формирования необходимых профессиональных и общекультурных компетенций широкое использование в учебном процессе получили интерактивные формы проведения занятий.

Внедрение интерактивных форм обучения позволяет студентам легче вникать, понимать и запоминать материал, который они изучают посредством активного вовлечения в учебный процесс.

В качестве элемента для реализации интерактивного компонента курса «Технология отработки пологих пластов» и ряда смежных с ним дисциплин («Технология комбинированной разработки месторождений полезных иско-

паемых», «Проектирование шахт» и др.) предлагается использовать разработанную на кафедре геотехнологии обучающе-тестирующую программу на основе языка html и java – скриптов, скриншоты которой приведены на рисунке 1. Для выбора варианта технологической схемы очистного забоя в процессе загрузки гипертекстовой страницы генерируется случайный набор исходных данных, изменяющихся в пределах значений, характерных для Кузнецкого бассейна и обеспечивающих возможность выбора достаточно широкого диапазона технических решений. Для оценки результатов выбора разработан набор правил, каждое из которых реализовано в виде логического условия и по результатам проверки истинности формирует определенную часть общей оценки принимаемых решений. Оценивание принятых студентами решений осуществляется по пятибалльной шкале в полном соответствии с действующей в настоящее время системой оценки результатов промежуточной аттестации обучения студентов. Если принятые студентом решения не оптимальны (итоговая оценка ниже чем «отлично»), выдается набор пояснений и необходимых теоретических сведений, ознакомившись с которыми студент может повторить попытку ответа (с отличным от используемого ранее набором исходных данных).

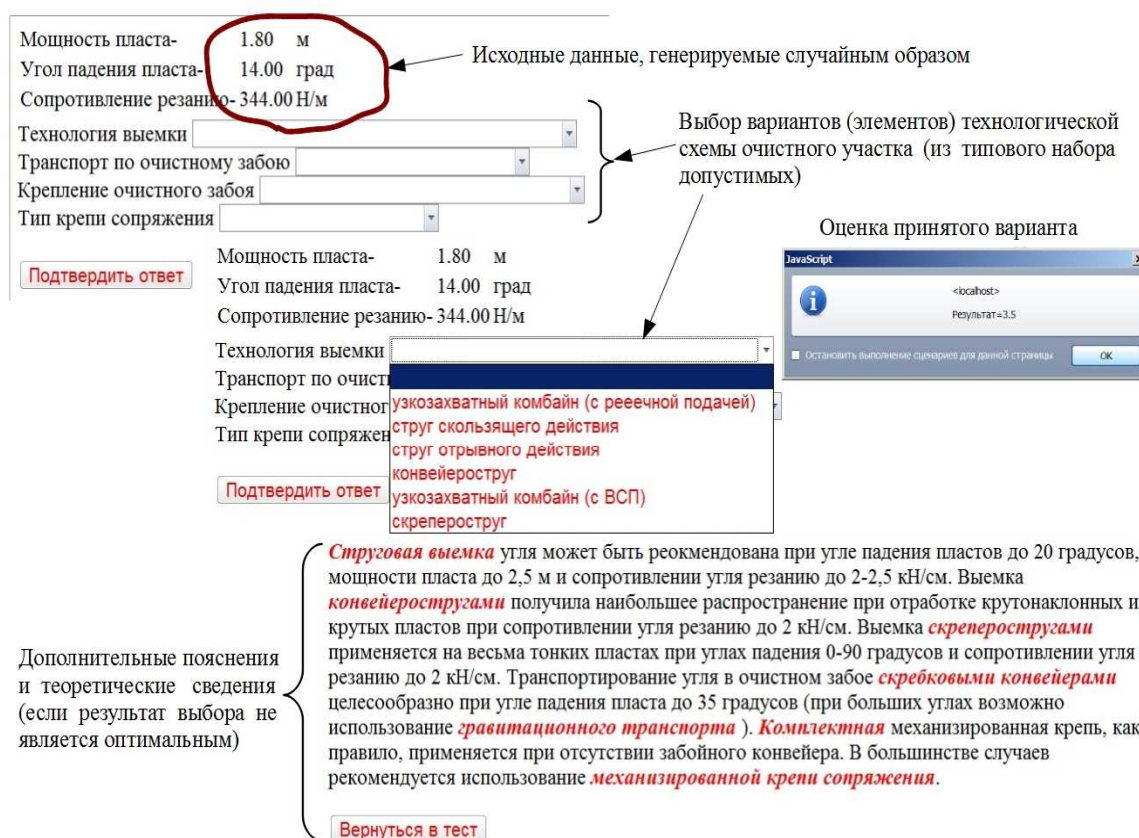


Рисунок 1 – Скриншоты обучающе-тестирующей программы синтеза технологической схемы очистного участка



По мере уяснения студентом основных принципов синтеза технологической схемы очистного забоя количество правильных решений возрастает и, таким образом, может быть принято решение о завершении подготовки (или самоподготовки) студента.

Достоинствами принятого при реализации программы подхода являются:

- необходимость осмысления исходных данных при повторных опросах, так как запоминание и воспроизведение предыдущего варианта ответа не ведут к успешному решению текущей задачи;

- значительное количество возможных вариантов технологической схемы очистного забоя практически исключает случайный выбор правильного ответа;

- невозможность прямого использования приводимых пояснений для формирования ответа;

- принятие решения на качественном уровне без выполнения вычислений по стандартным формулам, что затрудняет несанкционированное использование справочных материалов.

В ходе использования программы был выявлен ряд недостатков, наиболее существенными из которых являются:

- используемый подход к генерированию исходных данных не позволяет полностью исключить задание набора, несовместимого с областями применения существующих технологий;

- субъективность выбора критериев оценки принимаемых решений;

- отсутствие исходных данных и набора возможных решений по выбору схемы проветривания очистного забоя (участка), так как формально такой выбор не является предметом курса «Технология отработки пологих пластов».

По мнению авторов, данная обучающе-тестирующая программа может быть использована по следующим направлениям:

- при проведении предметных олимпиад в рамках изучения курса специальных дисциплин подземной разработки пластовых месторождений;

- для экспресс-тестирования остаточных знаний студентов в ходе оценивания результатов курсового проектирования и в процессе допуска к защите дипломного проекта;

- как элемент для разработки интерактивного компонента курса «Технология отработки пологих пластов»;

- в качестве вопроса (билета) для программы тестирования в ходе итоговой аттестации (государственного экзамена по специальности).

Накопленный опыт использования данной обучающе-тестирующей программы показал эффективность ее использования при традиционных формах обучения и позволяет надеяться на успешную адаптацию в качестве элемента интерактивного компонента курса «Технология отработки пологих пластов».

## Библиографический список

1. Иванченко Д.А. Системный анализ дистанционного обучения: Монография. — М.: «Союз», 2005. — 192 с.
2. Гудман Д., Моррисон М. JavaScript. Библия пользователя, 5-е издание.: Пер. с англ. — М.: ООО «Издательский дом Вильямс», 2006. — 1184 с.

УДК 622.822.3

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И ТУШЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ОАО «ШАХТА ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА»**

**Борzych Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрены оптимальные способы предупреждения эндогенных пожаров. Описан комплекс мер по тушению и предупреждению эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В. И. Ленина».

Ключевые слова: эндогенный пожар, самовозгорание угля, способы предотвращения эндогенных пожаров.

Одной из основных проблем на высокопроизводительных угольных шахтах является возможность возникновения эндогенных пожаров. Исследования показывают, что по местам возникновения пожары распределяются следующим образом: в целиках и скоплениях угля у выработок - 11 %; в отработанной части пластов - 89 %. За последние годы пожары в выработанном пространстве сохраняются на уровне 89-90 % [1].

Проблемой борьбы с самовозгоранием угля в последние годы является формирование скоплений угольной пыли в выработанном пространстве в виде аэрогеля и аэрозоля при реализации комбинированного проветривания с использованием газоотсасывающих установок.

В соответствии с действующими нормативными документами в проектах предусматриваются следующие меры, обеспечивающие снижение эндогенной пожароопасности:

- применение безопасных в пожарном отношении способов вскрытия и подготовки шахтных полей и систем разработки пластов угля;
- обеспечение необходимого уровня проветривания выемочных участков и оптимальных схем вентиляции угольных шахт;
- применение специальных способов и средств снижения химической активности угля и воздухопроницаемости выработанного пространства;
- строительство поверхностных стационарных комплексов (ПСК), обеспечивающих хранение, приготовление и транспортировку профилактических и пожаротушащих составов (азот, пенообразователь, суспензии гли-

ны и летучей золы, хлористый кальций, мочеви́на и др.) к месту работ;

- минимизация потерь угля и времени эксплуатации горных выработок, незащищенных антипирогенными покрытиями;

- использование специальных методов крепления горных выработок;

- надежный контроль за признаками пожаров с применением автоматических средств обнаружения их в начальной стадии;

- использование средств коллективной и индивидуальной защиты, обеспечивающих безопасность во время эвакуации людей при пожаре [2].

Основным признаком эндогенного пожара является устойчивое присутствие окиси углерода в пробах воздуха в количестве 0,01% и более.

В последние годы в Кузбассе для тушения огня, вышедшего в действующие выработки, применяется хладон 114В2 и его смеси с бромистым этилом, азотом. Огнегасительным порошком и хладонами возможно тушение почти всех горючих материалов, но их применение при тушении очагов самовозгорания в труднодоступных местах ограничено в связи с техническими трудностями подачи его в зону горения.

Одним из наиболее эффективных способов предотвращения и борьбы с эндогенными пожарами является инертирование в массив пласта и отработанного пространства газообразного азота. Фактически, в среде с концентрацией азота более 90 % окислительные реакции замедляются настолько, что практически делают невозможными процессы горения. Данные технологии не являются новыми для России, так, в шахтах Кузбасса еще в середине 1980-х гг. были предусмотрены профилактические комплексы, включающие бурение групповых скважин с последующей подачей через систему трубопроводов на поверхности газообразного азота в массив угольных пластов. Подобные системы достаточно хорошо себя зарекомендовали.

Весной 2008 г. после вспышки метана на ОАО «Шахта имени В. И. Ленина» пожарные газы вышли в действующие выработки. Чтобы отсечь их, было возведено 13 перемычек, пробурена скважина в сторону вероятного очага самовозгорания и согласно проекту тушения пожара подана инертная пена с поверхностной установки. В результате пожар был успешно и своевременно ликвидирован.

Исследуя пожарный участок на шахте ОАО «Шахта имени В. И. Ленина», где возник пожар 18.11.96г и до сих пор действует в выработках пласта VI четвертого бремсбергового поля гор.+245м, и рассмотрев весь комплекс мероприятий в проекте тушения пожара №55 предлагаются следующие технико-технологические решения:

- обработка угля антипирогенами;

- подача заилочного материала (глинистой пульпы) с поверхности в скважины № 665, 665бис, 667, 620 в контур пожара № 55 при плюсовой температуре воздуха при помощи «монитора» со смывом в скважину глинистой пульпы. В зимнее время заилочный материал не подается;

- подача газообразного азота газоразделительной мембранной установ-

кой МВ 0.9-1.0 через групповую скважину № 004, пробуренную с поверхности. Далее по трубопроводу через распределительный узел магистрального полевого штрека через пеногенератор (ГПА) в смесь добавляется пенообразователь и доставляется до потребителя – пожар № 55;

- подача инертной пены в отработанное пространство лавы 0-6-1-3, лавы 0-5-1-13 и лавы 0-16-1-8;

- ревизия взрывозащитных заслонов;

- контроль рудничной атмосферы.

- проведение частичной воздушно-депресссионной съемки с анализом герметичности изолирующих сооружений, напоров, давления, утечек воздуха.

Газоразделительный мембранный генератор представляет собой пучок пустотелых трубок (по типу спагетти). Поток сжатого воздуха проходит через трубки, молекулы кислорода «просачиваются» через мелкие поры в стенках мембран. Молекулы азота имеют большие размеры, в связи с чем беспрепятственно проходят по всей длине (рисунок 1).

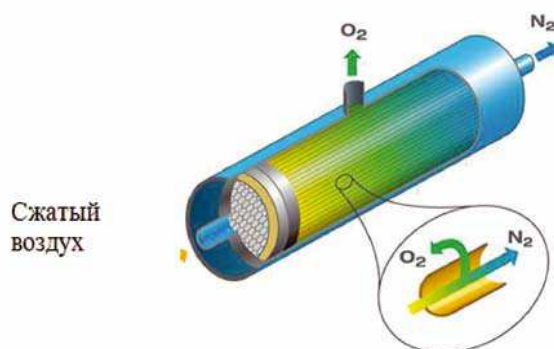


Рисунок 1- Принцип мембранного разделения воздуха

Весь комплекс выполняемых мероприятий позволит повысить инкубационный период самовозгорания угля, увеличить добычу полезных ископаемых и обеспечить безопасность труда людей, работающих в горных выработках.

#### Библиографический список

1. Игишев В.Г. Современное состояние проблемы борьбы с эндогенными пожарами в шахтах Кузбасса / В.Г. Игишев, С.А. Син // Уголь. — 2012. — № 7. — С. 36-38.

2. Твердов А.А. Предупреждение и ликвидация пожаров на угольных шахтах с использованием современных некриогенных технологий инертирования азотом / А.А. Твердов, А.В. Ляхов, В.Б. Хазеев, С.Б. Никишичев // Уголь. - 2012. - № 9. - С. 48-52.

3. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса [Текст] // ФГУП РосНИИГД, ФГУП НЦ Вос-тНИИ. - Кемерово, 2007. -77 с.

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПЕРЕХОДА РАЗРЫВНОГО НАРУШЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНО- МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ЗАБОЕМ  
В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «АЛАРДИНСКАЯ»**

**Дыскин А.И., Риб С.В., Никитина А.М.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Любогощев В.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Данная работа посвящена вопросу перехода разрывного нарушения очистным забоем. Описаны особенности ведения горных работ в нарушенных зонах. Предложены технологические решения и мероприятия при ведении очистных работ в лаве 6-1-11 в зоне разрывного нарушения в условиях ООО «Шахта «Алардинская».

Ключевые слова: разрывные нарушения, устойчивость горных пород, безопасное ведение очистных работ, смолы.

Переход геологических (разрывных) нарушений механизированными комплексами связан с характерными особенностями: сложность управления секциями крепи; необходимость присечки боковых пород; возведение дополнительной крепи усиления.

На угольных шахтах при переходе геологических нарушений применяют технологию, часто приводящую к нерациональным затратам. Поэтому разработка способов перехода геологических нарушений механизированными комплексами и разработка рациональных технологических схем очистных работ является важной научно-практической задачей.

В настоящее время на шахте «Алардинская» при отработке промышленных запасов пласта 6 в пределах выемочного столба расположено разрывное геологическое нарушение [1]. Переход разрывного нарушения требует эффективных технических и технологических решений для поддержания темпов горных работ на запланированном уровне.

В условиях выемочного участка 6-1-11 для перехода нарушения очистным забоем предлагается применить упрочнение горных пород смолами. В работе [2] показан эффективный способ предотвращения вывалов угля и пород упрочнением нарушенного массива полимерными смолами. Упрочнение неустойчивого горного массива производится химическими скрепляющими составами под давлением через шпуры. Химический скрепляющий состав заполняет трещины и поры и застывает, образуя единую плиту. Упрочненный смолами массив способен длительное время сохранять устойчивость.

Смолы в массиве не увеличиваются в объеме и реагируют в обводненной среде. Скрепляющий состав в массив подается дозирующими насосами.

Для безопасного ведения работ в лаве при переходе геологического нарушения предлагаются следующие технологические решения и меро-

приятия:

- установка крепи усиления в прилегающих выработках;
- упрочнение угольного массива и пород двухкомпонентной смолой Wilkit-E (рисунок 1);
- перед входом в зону нарушения и в зоне нарушения выемка производится с вынимаемой мощностью не более 4,0м;
- секции механизированной крепи после потери контакта с кровлей ведутся под пачкой угля при исключении резких перегибов конвейера в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

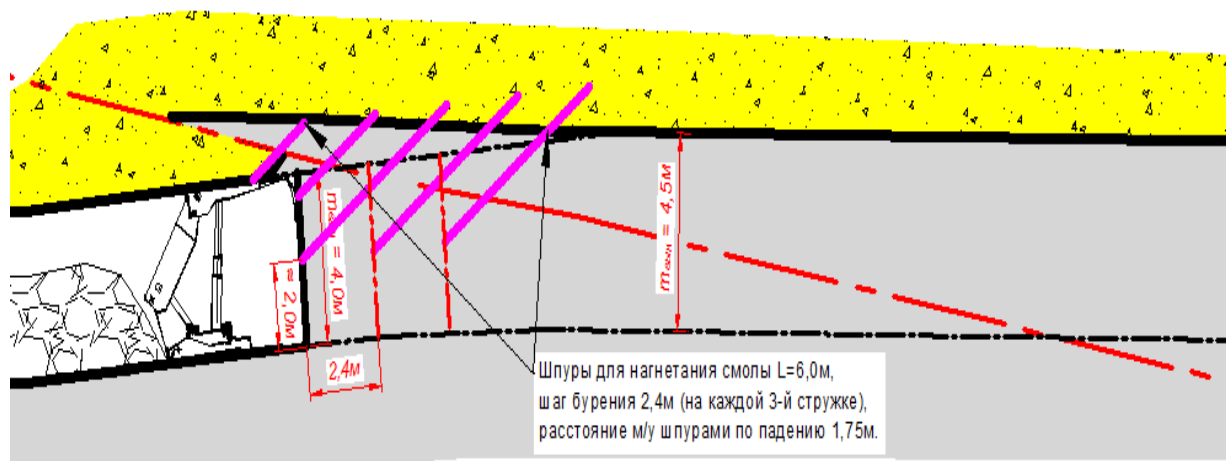


Рисунок 1- Переход геологического нарушения (лава 6-1-11)

Органоминеральная смола Wilkit-E состоит из двух жидких компонентов А и В, которые в объемном соотношении 1:1 при помощи специального насоса нагнетаются и смешиваются в статическом смесителе. В таблице 1 представлена характеристика органоинеральной смолы Wilkit-E.

Таблица 1 - Технические данные органоинеральной смолы Wilkit-E

Начало реакции, сек.	70-80
Время реакции, мин.	10-15
Температура реакции, °С	90
Конечное состояние	полутвердо-эластичное
Предел прочности на сжатие, МПа	60
Предел прочности на растяжение, МПа	3,5

Реакция компонентов происходит на выходе из смесителя. В отличие от полиуретановых смол, органоинеральная смола Wilkit-E обладает следующими преимуществами:

- объем смолы после реакции компонентов не увеличивается, что не приводит к увеличению трещиноватости и разрушению горного массива;
- компоненты смолы реагируют в обводненной среде, что предотвращает

смыв смолы водой при ведении работ по гидроизоляции.

Технология упрочнения осуществляется следующим образом. На конвейерном и вентиляционном штреках по верхнему и нижнему бортам под углом 45 градусов с шагом 3,0м бурятся шпуров в два ряда, расстояние между рядами 2,0м, длина шпуров в верхнем ряду 6м, в нижнем ряду - 8м, также за 20м до подхода лавы к нарушению бурятся шпуров по верхнему борту конвейерного штрека в один ряд с шагом 3м.

Таким образом, совокупность мероприятий и технологических решений по переходу разрывных нарушений существенно повысит безопасность горных работ и увеличит производительность труда горнорабочих очистного забоя.

#### Библиографический список

1. Горнотехническая документация ООО «Шахта «Алардинская».
2. Марахин К.В. Разработка технологических решений по переходу разрывных геологических нарушений очистным забоем в условиях шахты Сибиргинская /К.В. Марахин, С.В. Риб, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – Вып. 18. - Ч. II. Технические науки.- С. 23-27.

УДК 622.261.2

### **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ БРИГАД ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ФРОНТА ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА ШАХТЕ «АЛАРДИНСКАЯ»**

**Микунов В.В., Риб С.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Волошин В.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье рассматривается организация работ проходческих участков на шахте "Алардинская" при отработке пласта 3-3а. Показаны основные причины простоев забоев при проведении подготовительных («маршевых») выработок. Предлагаются мероприятия, снижающие аварийность и незапланированные простои на 50-70%. Принятые технологические решения по повышению темпов проведения подготовительных выработок при подготовке выемочного участка 3-38 позволяют повысить производительность труда проходчиков в 1,6 раза (с 5,2 до 8,3 м/месяц).

Ключевые слова: выемочный участок, подготовка, дегазация, подготовительный забой, выработка, подвигание, производительность труда.

При подземной разработке угольных пластов одной из главных задач, которую ставит горное производство, является воссоздание очистного фронта. Своевременная подготовка новых выемочных участков выводит шахты на высокий технико-экономический уровень.

Шахта «Алардинская» на протяжении многих лет является одним из самых стабильных и высокорентабельных предприятий ОАО «ОУК «Юж-кузбассуголь». Сегодня перед предприятием поставлена сложная задача: обеспечить добычу угля с одной лавы до 3000 тыс.т/год, при этом, ежемесячное подвигание очистного забоя составит 200-220 м. Для выполнения поставленной задачи необходимо существенно пересмотреть подход к организации работ проходческих участков. Планируется обеспечить подготовку выемочного участка 3-38 с помощью шести бригад со среднемесячными темпами подвигания подготовительных забоев 190 - 205 м/мес. Авторами статьи предлагается комплекс мероприятий, обеспечивающий среднемесячные темпы проведения выработок более 300 м/месяц одним забоем, количество подготовительных забоев – четыре (два спаренных направления).

Общий объем проведения выработок при подготовке выемочного участка 3-38 составляет: четыре штрека по 2400 м каждый (общая длина 9600 м), сбойки – 720м, разрезные печи – 750м. Среднегодовые темпы проведения штрековых выработок составляют 170 - 182 м/месяц, максимально достигнутый показатель по бригадам – 255м/месяц. Максимальные темпы превышают среднегодовые показатели на 43 – 67%. При принятой схеме расстановки оборудования из расчета проходческого цикла суточное подвигание забоя составляет 7 м (210 м/мес). В случае добавления одного проходчика в забойную группу и возможности совмещения процессов крепления кровли и боков выработки суточное подвигание забоя составит 9 м (270 м/мес).

Учитывая опыт работы по проведению и поддержанию выработок при разработке пласта 3-За для оптимизации подготовительных работ допускается установка в забое четырёх анкеров по кровле с параллельным креплением боков выработки (без увеличения риска обрушения кровли в забое). Таким образом, суточное подвигание проходческого забоя составит 11 м (330 м/мес).

Два анкера в кровле выработки будут установлены не позднее двух суток с использованием высокопроизводительного бурового гидробура типа «Мангуст», расположенного за комбайном на подвесной монорельсовой дороге. Гидравлическая буровая установка типа «Мангуст» обеспечивает высокопроизводительное бурение шпуров и установку анкеров с производительностью по кровле более 20 анкеров в час по породам крепостью до 9 по шкале проф. М.М.Протодяконова (для сравнения пневмобур по аналогичным кровлям работает с производительностью не более 6 анкеров/час).

На рисунке 1 показаны следующие основные причины простоев забоев при проведении подготовительных («маршевых») выработок: аварийность забойного оборудования; мероприятия по барьерной дегазации; большой объем монтажно-демонтажных работ в забое.



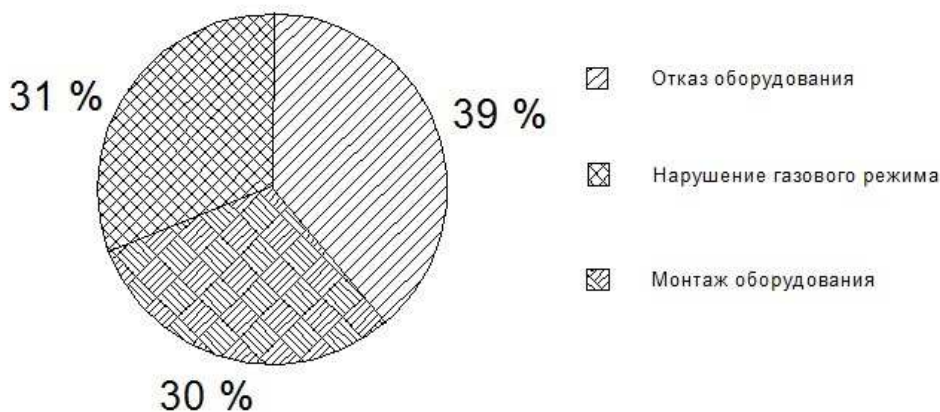


Рисунок 1 - Анализ простоев забоев при проведении «маршевых» выработок

Уменьшение простоев, связанных с отказом забойного оборудования, можно значительно уменьшить за счет:

- внедрения сервисного обслуживания забойного оборудования специализированными организациями (поставщиком оборудования);
- проведения запланированного планово-предупредительного ремонта во время общешахтных остановок;
- контроля за обслуживанием оборудования по системе чек - лист;
- исключение наиболее аварийного оборудования из схемы подготовительных забоев (замена скребкового конвейера СР-70 на самоходные вагоны).

Предложенные мероприятия обеспечат снижение аварийности и незапланированных простоев на 50-70%.

Авторами статьи предлагаются мероприятия по барьерной дегазации, позволяющие разделить во времени работы по проведению выработки при бурении и герметизации скважин и подключение их к дегазационному трубопроводу непосредственно в забое выработки, что повысит эффективность дегазации и безопасность работ в забое.

Предлагается также совместить дегазационные мероприятия с монтажом ленточных конвейеров по выработке через 150 – 170 м (при работе самоходного вагона).

Особое внимание предлагается уделить оптимизации графика монтажно-демонтажных работ в подготовительном забое.

Предлагается использовать следующие мероприятия при расчёте времени подготовки выемочного участка 3-38 :

- оптимизация проходческого цикла (использовать поэтапное крепление выработок в забое);
- сокращение аварийности за счет сервисного обслуживания оборудования;
- замена высокоаварийного оборудования (скребковых конвейеров СР70-05) на более производительное (самоходный вагон типа ВС-15);
- выполнение барьерной дегазации в полном объеме (совмещать мон-

тажные работы с предварительной дегазацией пласта из ниш, сооружённых непосредственно у забоя по верхнему и нижнему боку, что позволит вести подготовительные работы под защитой дегазационных скважин);

- интенсификация монтажных работ в подготовительных выработках;
- монтаж ленточного става и полотна два раза в месяц (150-170 м за сутки); один раз в месяц вышеуказанные работы совмещаются с плановой остановкой шахты по замене ленточного полотна на конвейерах, установленных в уклонах.

Согласно разработанному графику подвигания подготовительных забоев при подготовке выемочного участка 3-38 четырьмя забоями затраты времени на подготовку составят: бригада 1.1 – 2650 м - 10,6 месяца; бригада 1.2 – 2760 м - 11,1 месяца; бригада 2.1 – 2900 м - 11,7 месяца; бригада 2.2 - 2760 м - 11,1 месяца.

В настоящее время производительность труда проходчика при среднегодовом темпе проходки 182 м/мес при численности бригады 35 человек составляет 5,2 м/мес, а при реализации предлагаемых решений при численности 30 человек в бригаде и скорости проходки 250 м/мес она составит 8,3 м/мес.

Таким образом, при выполнении предлагаемых мероприятий решаются следующие задачи:

- четыре бригады установленной численности способны осуществить подготовку выемочного участка 3-38 за 12 месяцев;

- повышается безопасность труда и снижаются аварийные ситуации при замене скребковых конвейеров СР70/05 на самоходный вагон; внедрение сервисного обслуживания забойного оборудования обеспечит снижение потерь «уходов» на 50% в течении месяца и года;

- снижение затрат времени на выполнение монтажных работ за счет оптимизации работ и привлечения специализированного участка позволит увеличить темпы проходки на 700 м по каждой бригаде в год;

- выполнение барьерной дегазации в полном объеме с ниш обеспечит безаварийную работу в подготовительном забое с высокой производительностью (до 12-15м/сутки).

Разработанные мероприятия по повышению темпов проведения подготовительных выработок на шахте «Алардинская» позволят повысить производительность труда проходчиков в 1,6 раза (с 5,2 до 8,3 м/месяц).

**РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО  
ВАРИАНТА ВСКРЫТИЯ, ПОДГОТОВКИ И ОТРАБОТКИ УЧАСТКА  
«АЛАРДИНСКИЙ-ВОСТОЧНЫЙ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ЭЛЕМЕНТОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УГЛЕДОБЫЧИ**

**Толканов Н.Н., Овсянников А.А., Риб С.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Любогощев В.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье рассмотрен вариант поддержания мощности шахты за счет ввода в эксплуатацию участка «Алардинский-Восточный». Предложена разработка данного участка с использованием элементов комбинированной технологии угледобычи. Описывается открыто-подземная технология.

Ключевые слова: шахта, вскрытие, подготовка, комбинированная технология, открыто-подземная технология.

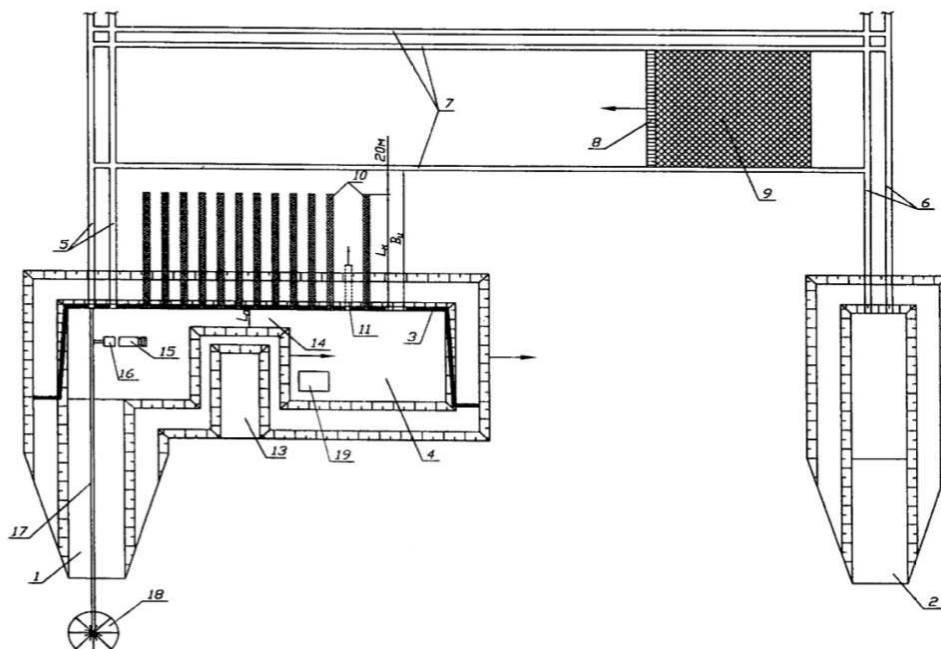
Открыто-подземная технология позволяет в короткие сроки начать добычу угля и создать первоначальный капитал для развития подземной разработки. Технологические схемы открыто-подземных (комбинированных) разработок хорошо сочетаются с модульными структурами и позволяют быстро вводить в действие новые мощности, полнее использовать запасы месторождения, обеспечить более высокие технико-экономические показатели их разработки. В Кузбассе уже положено начало появлению, как отдельных, небольших по мощности шахтоучастков, так и структурных подразделений действующих предприятий, использующие новые технологии открыто-подземной разработки. Применение модульной структуры подземных шахтоучастков уже закладываются в проекты реконструкции угольных разрезов (разрез "Томусинский", «Моховский», "Сибиргинский" и др) [1].

Промышленные запасы угля филиала «Шахта «Алардинская» составляют 405 млн.тонн. В связи с истощением запасов на участке «Алардинский-Центральный» для поддержания действующей мощности шахты на уровне 3 млн. тонн в год представляет интерес освоение участка «Алардинский Восточный» в Кондомском геолого-экономическом районе Кузбасса в части вскрытия, подготовки и отработки запасов пластов 3-3а и б.

В результате проведения патентного поиска рассмотрено 15 патентов. Наиболее оптимальным для условий участка «Алардинский Восточный» является способ открыто-подземной разработки пластовых месторождений.

Предлагаемое технологическое решение позволит повысить эффективность извлечения запасов полезного ископаемого и снизить экологический ущерб. Способ включает вскрытие месторождения открытыми и подземными горными выработками (рисунок 1). Открытые горные работы ведутся от центральной траншеи к фланговой, а подземные горные работы в обратном на-

правлении. При этом между открытыми и подземными горными работами оставляют барьерный целик шириной 250-300 м. Транспортировка угля производится в центральную траншею. Барьерный целик отрабатывают очистными камерами в два этапа. При удалении фронта отработки барьерного целика формируют внутренний породный отвал. Транспорт угля шахты до общего угольного склада осуществляют ленточным конвейером.



- 1- Капитальная центральная траншея; 2- фланговая траншея; 3- угольный пласт; 4- разрезная траншея; 5,6- наклонные стволы; 7- штреки; 8- очистной забой; 9- выработанное пространство; 10,11- очистные камеры; 12- ленточные целики; 13- внутренний породный отвал; 14- площадка для проезда автосамосвалов; 15- автосамосвал; 16- бункер; 17- ленточный конвейер; 18- угольный склад

Рисунок 1 - Схема вскрытия и отработки угольного месторождения открыто-подземным способом

Вскрытие шахтного поля осуществляется путем проведения капитальной центральной и фланговой траншеи, после чего добычу угля по пласту ведут открытым способом из разрезной траншеи, проводимой от центра к флангу. Вскрытие месторождения из центральной траншеи осуществляется наклонными стволами, из фланговой - наклонными стволами, подготовка выемочных столбов осуществляется штреками, выемка угля производится в очистном забое,двигающемся от фланга к центру.

Между открытыми и подземными горными выработками оставляют барьерный угольный целик шириной 250-300 м, который отрабатывается незакрепленными очистными камерами длиной 20 м. Барьерный целик отрабатывается в два этапа, вначале проводят камеры первой серии, между которыми оставляется целик, после чего он отрабатывается камерой второй серии, устойчивость которой обеспечивается ленточными целиками.

По мере подвигания фронта открытых горных работ и фронта отработки барьерного целика формируется внутренний породный отвал, с оставлением на дне траншеи площадки для проезда автосамосвалов минимальной ширины по условиям безопасности.

Транспорт угля из шахты до центральной траншеи осуществляют ленточными конвейерами, а по разрезу - автосамосвалами до бункера, откуда уголь выдают общим ленточным конвейером на угольный склад горного предприятия [2].

Таким образом, предлагаемый комбинированный способ разработки участка «Алардинский Восточный» для поддержания мощности филиала «Шахта «Алардинская» позволит:

- сократить период строительства горного предприятия;
- уменьшить период окупаемости капитальных вложений;
- использовать транспорт карьера для перемещения угля из подземных выработок и, наоборот, использовать систему подземных выработок для перемещения полезного ископаемого и вскрышных пород;
- использовать выработанное пространство участка подземных работ для размещения пород вскрыши.

#### Библиографический список

1. Федорин В.А. Геотехнологические аспекты открыто-подземного (совмещенного) способа освоения угольных месторождений Кузбасса. / В.А. Федорин, А.Ю. Михайлов, Г.Е. Ивершина. // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: Горная книга, 2008. - №15. - С. 261-269.
2. Пат. 2439321 Россия, МПК E21C41/00. Открыто-подземный способ разработки пластовых месторождений [Текст] / В.В. Сенкус, В.Н. Фрянов, О.В. Фрянова; заявл. 18.06.2010; опубл. 10.01.2012. - бс.

УДК 622.6

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ОСИННИКОВСКАЯ»**

**Шадэ Т.Ю., Никитина А.М., Риб С.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Никитина А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье рассмотрен вопрос совершенствования вспомогательного транспорта в условиях шахты «Осинниковская». Разработана новая схема вспомогательного транспорта с учетом всех недочетов существующей схемы.

Ключевые слова: вспомогательный транспорт, повышение эффективности, доставка, горные выработки, подвесная монорельсовая дорога.

В настоящее время увеличение темпов подготовки и отработки запасов угля обуславливают необходимость наращивания объемов доставки материалов, грузоподъемности средств доставки и повышения уровня механизации вспомогательного транспорта в шахтах современного технического уровня, так как вспомогательный транспорт является незаменимым звеном в производственном процессе добычи угля.

При выборе вида вспомогательного транспорта как отдельного звена учитывается много факторов: требуемый объем и номенклатура перевозимых грузов; масса и размеры наиболее тяжелых грузовых единиц и производительность доставки; вид вспомогательного транспорта в смежных звеньях и многое другое [1].

Так на шахте «Осинниковская» исходя из многих факторов, для подготовки и отработки запасов, доставка материалов, оборудования и людей осуществляется при помощи рельсового транспорта с использованием электровозов типа АМ-8Д (рисунок 1) и 2АМ-8Д и вагонеток типа ПС-3,5; ВГ-3,3; ВЛ-900, ВЛ-18. Но существующая схема вспомогательного транспорта шахты «Осинниковская» является небезопасной, многоступенчатой и сложной. На поверхности шахты оборудование и материалы, уложенные в пакеты или в контейнеры, привозятся к клетевому стволу на платформах типа ПВГ-3.3, имеющих приспособление для крепления контейнеров. Далее по клетевому стволу груз спускается в шахту. От клетевого ствола пакеты и контейнеры с помощью дизелевоза и монорельсовой дороги доставляются в очистные и подготовительные забои.

Для повышения эффективности схемы вспомогательного транспорта, удешевления и упрощения процесса ее обслуживания, предлагается применить одноступенчатую схему. На поверхности шахты оборудование и материалы, уложенные в пакеты или в контейнеры, привозятся к клетевому стволу на платформах типа ПВГ-3.3, имеющих приспособление для крепления контейнеров. Далее по клетевому стволу груз спускается в шахту. От клетевого ствола пакеты и контейнеры с помощью дизелевоза по монорельсовой дороге, смонтированной в разветвлённых сетях горизонтальных и наклонных выработок с переменными уклонами доставляются в очистные и подготовительные забои. Для этого предлагается использование подвесной монорельсовой дороги ДП-155 (рисунок 2), а в качестве тягового средства использовать подвесной дизель-гидравлический локомотив. Это позволит исключить вынужденные перегрузки материалов в местах стыковки старых транспортных линий откатки и обеспечить непрерывность перемещения грузов. Грузы будут доставляться сразу от места погрузки до места выгрузки. По мере подвигания забоев подготовительных выработок будет производиться наращивание монорельсовых направляющих.



Рисунок 1 - Локомотив АМ-8Д [2]

Монорельсовая подвесная дорога ДП-155 была разработана специалистами группы компаний «Монотранс» на основе подвесной дороги ZD-24, разработанной в Чехии. Использование данной монорельсовой дороги позволит ввести в эксплуатацию вагоны и прицепы различной конфигурации, даст возможность преодолевать участки с малым радиусом поворота и исключит такое явление как сход транспортной емкости с рельса.



Рисунок 2 - Монорельсовая подвесная дорога ДП-155

Повышенная маневренность дизельного состава так же позволит выполнять транспортные операции с гораздо большей производительностью, снизить простои и позволит останавливать для ремонта и ревизии другие транспортные линии без ущерба для производства.

В настоящее время на шахте «Осинниковская» подготовительные работы ведутся в пределах блока № 4. Применение новой технологической схемы вспомогательного транспорта будет способствовать повышению эффективности подземного транспорта, снижению трудоемкости доставки материалов и оборудования, позволит снизить списочный состав участка шахтного транспорта, травматизм при доставочных, погрузочно-разгрузочных работах и себестоимость угля, а так же вывести шахту «Осинниковская» на качественно и количественно новый уровень технико-экономических показателей.

## Библиографический список

1. Булыгин П.М. Разработка технико-технологических решений по повышению эффективного использования вспомогательного транспорта в условиях ООО «Шахта «Алардинская»/ П.М. Булыгин, С.В. Риб, А.М. Никитина// Наука и молодёжь: проблемы, поиски, решения: тр. всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Новокузнецк, 2014. – С. 12–14.
2. Горно-графическая документация ОАО ОУК «Южкузбассуголь» филиал «Шахта «Осинниковская».

УДК 622.794 (470)

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЯ В ПОСТСОВЕТСКИЙ ПЕРИОД

**Велякина Г.Ф., Кравченко А.Е.**

**Научный руководитель: Кравченко А.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: galinka\_vel@mail.ru*

В статье рассмотрены основные способы технологии обезвоживания мелких классов угля. Описаны результаты опытно-промышленных испытаний ленточных фильтр - прессов. А также как происходила модернизация обезвоживающих аппаратов начиная с 1990 года по 2014 год.

Ключевые слова: обогащение, обезвоживание, шламы, центрифуги, пресс-фильтры, гипербарфильтры.

Одной из важнейших проблем является обезвоживание мелких классов продуктов обогащения. Увеличение содержания частиц размером менее 0.5мм в концентрате мелких классов крупностью 0.5-13мм отсадочных машин, вызывает значительное повышение влажности обезвоженного в центрифугах продукта. В этих условиях как вынужденные, но необходимые меры по стабилизации технологических показателей фильтрующих центрифуг уменьшалась подаваемая на них нагрузка и, соответственно, значительно увеличивалось их количество. В 1990 году на обогатительных фабриках Минуглепрома СССР в эксплуатации находится свыше 600 фильтрующих центрифуг различных типов фактической производительностью не более 50-70т/ч. Это привело к усложнению технологических схем обезвоживания мелких продуктов обогащения из-за необходимости применения большого количества распределительных и приемных устройств (скребковых транспортеров, ленточных конвейеров и др.) и увеличению в связи с этим занимаемых производственных площадей повышенному расходу электроэнергии и эксплуатационных средств на обслуживание, ремонта центрифуги вспомогательного оборудования [1, С. 49].



Для радикального решения проблемы повышения эффективности обезвоживания мелких продуктов обогащения угля и антрацитов наиболее целесообразно обеспечить однопоточность схем путем создания фильтрующих центрифуг оптимальной производительностью.

Одновременно с этим, необходимо значительно повысить технологическую эффективность новых вибрационных центрифуг, как более перспективных, до уровня фильтрующих центрифуг шнекового типа, также применяющихся для обезвоживания концентратов и промпродукта.

В это время шнековые центрифуги, обеспечивающие более низкую влажность обезвоженного осадка, используются в основном на фабриках, имеющих недостаточную мощность термической сушки. В то время установили, что для обезвоживания концентрата наиболее перспективно создание параметрического ряда фильтрующих вибрационных центрифуг производительностью до 150 т/ч, создаваемых для центрифугирования мелкого концентрата, но с увеличенным углом наклона образующей фильтрующего ротора с 13° до 18°. ФГВ-1151\IV-01(150т/ч).

Для определения условий достижения (в процессе вибрационного центрифугирования) минимальной влажности осадка впервые проведены измерения времени и скорости перемещения осадка в вибрирующем роторе с помощью специального устройства. На основе результатов экспериментальных исследований предложена функциональная зависимость, определяющая скорость перемещения осадка в роторе вибрационной центрифуги в зависимости от фактора разделения, частоты и амплитуды колебаний ротора, радиуса, угла наклона его образующей и коэффициента трения обезвоживаемого продукта, а также производительности центрифуги [1, С. 50].

В 1991 году столкнулись со следующей проблемой: содержание класса <60мкм в рядовом угле уже достигало 2 - 4%. Частицы такого класса, циркулирующие в оборотной воде фабрик, накапливались в ней и делали воду не пригодной для использования в замкнутом цикле.

С целью улавливания и обезвоживания тонкозернистого шлама до транспортабельного состояния, позволяющего присадить его к штыбу, на ЦОФ «Гуковская» был испытан и внедрен опытный образец ленточного фильтр-пресса ЛМН-15-2Г-01.

Из технологических испытаний следует, что производительность фильтра составляет 4-6,5 т/ч при содержании твердого в шламе 400-500 кг/м<sup>3</sup>, зольности шлама 26-40 % и дозе флокулянта 500-700 г/т. Снижение содержания твердого в питании приводит к резкому уменьшению производительности. Влажность осадка составляла 20-30 %, причем более высокая влажность соответствовала более высокой зольности.

Таким образом, внедрение ленточного фильтр-пресса ЛМН-15-2Г-01 на ЦОФ «Гуковская» позволило резко сократить сброс шлама в наружный шламонакопитель, улучшить работу ленточного вакуум-фильтра, сократить содержание шлама в оборотной воде фабрики со 175 до 135 кг/м<sup>3</sup>, что приве-

ло к увеличению выхода штыбов на 1,8 %, снижению зольности концентрата на 0,1% [2, С. 53-54].

По результатам приемочных испытаний межведомственная комиссия рекомендовала фильтр к серийному производству, которое завод-изготовитель начал с 1991 г.

В угольной промышленности России на пороге нового тысячелетия поставили задачу подготовить все условия для перехода на новую энергетическую стратегию, предусматривающую значительные повышения роли угля в топливно-энергетическом балансе в течение 20 лет.

К началу 2000 г. в эксплуатацию введены на ОФ «Нерюнгринскую» 5 фильтр-прессов "Eimco", из них 3 – на операции обезвоживания флотоконцентрата и 2 – на операции обезвоживания флотационного промпродукта.

Проведенные промышленные испытания на ОФ «Нерюнгринская» показали высокую эффективность использования ленточных фильтр-прессов на операции обезвоживания флотационных концентрата и промпродукта, которые дают основания рекомендовать данный вид оборудования для решения проблемы эффективного обезвоживания продуктов флотации и на других обогатительных фабриках [3, С. 62-63].

Актуальность решения проблемы конечной влажности концентрата тонких классов угля подтолкнула немецких и российских инженеров провести ряд исследований на пробах концентрата, взятых на обогатительных фабриках Кузбасса. Для решения этих проблем были впервые использованы дисковые фильтры под давлением (Гипербар-фильтры). В результате исследования нужно было получить наименьшую влажность при помощи новой технологии Гипербар-фильтра с использованием пара (Hi-Bar). Все опыты проводились в Германии в лабораториях Компании «BOKELA». Суть инновационной технологии «Hi-Bar» заключается в том, что происходит фильтрация под давлением с использованием пара – это запатентованный и успешно применяемый процесс, который весьма перспективен для будущей переработки концентрата угля.

Испытания, проведенные на пробах угля, добываемого на Кузбассе, показали, что технология «Hi-Bar» может успешно применяться при обезвоживании флотационного концентрата на российских обогатительных фабриках [4].

С 1990 по 2000 год в основном для обезвоживания тонких классов использовали фильтрующие, шнековые центрифуги, ленточные фильтр-прессы. В настоящее время начали внедрять новые технологии, такие как гипербар-фильтры. Они значительно уменьшили конечную влажность тонких классов концентрата угля.

#### Библиографический список:

1. Шлау А.В. Унифицированные вибрационные фильтрующие центрифуги для обезвоживания мелкого угля / А.В. Шлау. // Уголь. – 1990. – №11. – С. 49-50.
2. Бондаренко А.А. Обезвоживание тонкозернистых антрацитовых шлаков на ленточном фильтр-прессе / А.А. Бондаренко // Уголь.-1991.-№11. – С. 53-54.

3. Глухих С.Г. Разработка и освоение технологии флокуляционного кондиционирования и обезвоживания флотационных концентратов и промежуточных продуктов на ленточных фильтр-прессах / С.Г. Глухих, А.В. Засядько, Ф.А. Панфилов // Уголь. – 2000. – № 9 – С. 62-63.

4. Сайт компании ЗАО «ДАКТ-инжиниринг» [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://dakt-engineerin.livejournal.com>, свободный.-Загл. с экрана.

УДК 622.7 (09) (470)

## **РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В РОССИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА**

**Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.  
Научный руководитель: Кравченко А.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк.*

В данной статье рассмотрен этап зарождения и становления обогащения угля как отдельного направления в угольной промышленности России первой половины XX века. Описаны основные технологические методы и способы обогащения угля в данный период времени. Приведено сравнение уровня технологического прогресса в области обогащения угля в России и за рубежом.

Ключевые слова: обогащение, обогатительная фабрика, полезные ископаемые, горное дело, отсадочные машины.

Горное дело – область деятельности человека по освоению недр Земли. Его истоки уходят в глубокую древность. Значение горного дела чрезвычайно велико. Нельзя не согласиться с высказыванием крупнейшего деятеля в этой области академика Н.В.Мельникова: «Масштабы и развитие горной промышленности определяют богатство страны, её могущество и процветание». Россия обладает огромными запасами природных ресурсов, поэтому горному делу на всём протяжении его развития отводилась ведущая роль [1].

Первые каменные горные орудия труда относятся к периоду, датированному 2 млн. лет до н.э., а появление примитивных горных механизмов для обогащения относится к VI – VIII вв. – XVII в.

Мощный импульс горное дело в России получает лишь в период царствования Петра Великого. В 1698 году был открыт каменный уголь на берегах р. Донца, образцы которого были показаны Петру I во время его Азовского похода. «Сей минерал, если не нам, то потомкам нашим зело полезен будет», – сказал Пётр. Организация добычи каменного угля в России принадлежит Михайло Фёдоровичу Соймонову (1771-1801). Совместно с Н.А.Львовым он организовал добычу каменного угля на Боровическом и др. местностях, который до этого закупался в Англии [4].

Горнопромышленники делу обогащения не уделяли внимания и хищ-

нически разрабатывали преимущественно чистые пласты углей. Обогащение на мойках производилось на небольших отсадочных машинах, причем уголь крупностью мельче 10 мм не обогащался. Со временем спрос на уголь возрастал, и требования к качеству угля становились строже, что привело к необходимости создания механизированного обогащения угля.

Строительство ОФ в России началось в связи с увеличением добычи угля, которому отводилось важное место в развивающейся тяжёлой промышленности. Крупнейшим угольным бассейном к концу 19 века в России был Донецкий. В период с 1890-1910г. В Донбассе интенсивно развивается обогащение углей, в основном рассортировка антрацитов и механическое обогащение углей для коксования. За этот период при коксохим. заводах построено 11 углеобогатительных фабрик. Механическое обогащение осуществлялось в основном на зарубежных отсадочных машинах. Верхним пределом крупности механически обогащаемого угля (направляемого в отсадочные машины) являлся размер 50-70 мм, нижнем-3-10 мм. Рассев угля перед обогащением происходит на плоских качающихся грохотах Перриша и барабанных грохотах. Грохоты (Феррариса, Армса) применялись для обезвоживания концентрата. Для обезвоживания крупных классов использовались неподвижные грохоты с большим углом наклона (до 45 градусов) рабочей поверхности; для обезвоживания мелкого угля, шлама и породы-обезвоживающие элеваторы. Самые крупные классы (50-70 мм и более) подвергались ручному обогащению, при котором использовались породоотборные столы различного диаметра и породоотборные ленты. Такие сортировки были распространены очень долгое время [4].

В годы мировой войны обогатительное дело не развивалось, так как спрос на топливо превышал предложение. Во время гражданской войны обогатительные установки не работали, частично были разрушены и требовали ремонта. На антрацитовых рудниках в 1920-1921 работало только 9 сортировок, куда поступало для обогащения только 12.8% добычи антрацита. В 1924 работало уже 37 сортировок, и охват добычи дошёл до 64 %. В 1929 году в работе было 95 сортировок, через которые пропускалось 92% всей добычи антрацита. По каменным углям до 1927 г. новых обогатительных установок не строились, ограничиваясь восстановлением старых фабрик. В 1927-28г. Было построено несколько мощных углемоек (Ново-Горловская при шахте №8а). В 1928-29 было промыто 3 млн.т. угля. За время первой пятилетки было построено несколько мощных обогатительных фабрик, и часовая производительность углемоек достигла к 1933 г. 2375 т. За период второй пятилетки построен ряд ещё более мощных углеобогатительных фабрик для каменного угля в Донбассе и других районах СССР.

В Донбассе построены: Чумаковская ЦОФ, Моспинская углефабрика, Ново-Орджоникидзевская углеобогатительная фабрика производительностью 350 т/ч, оборудованная флотационным устройством для обогащения шламов; пневматические фабрики Узловская и Горловская при шахте №1. В 1935г. на

фабрике Енакиевского коксохим.завода ввели первую в России установку для флотации шламов, оснащенную машинами Минералс Сепарейшн. В Кузбассе первая флотационная установка была запущена в 1953г. С этого времени их начали внедрять и на других фабриках. За 4 года (с 1933-1937) производительность ОФ возросла почти в 2 раза (с 13,6 до 25.7 млн.т.). В 1937 г. охвачено обогащением было 16,6% всей добычи угля, в 1939г. на заводе им. Пархоменко разрабатывается беспоршневая отсадочная машина. Построенные до 1930г. углеобогатительные фабрики под руководством иностранных специалистов оснащались зарубежным оборудованием и отличались чрезмерным разнообразием типов машин и аппаратов, что замедляло освоение оборудования, увеличивало его стоимость и затрудняло снабжение запасными частями.

Таким образом, перед ВОВ ОФ уже снабжались машинами отечественных модификаций. В частности, было разработано много разновидностей грохотов. В послевоенные годы повсеместно стали применять отечественные дробилки. Для крупного и среднего дробления использовали валковые зубчатые дробилки. Находили применение рифленые валковые дробилки, предназначенные для вторичного дробления сростков породы с колчеданом и промпродуктом. Для дробления промпродукта использовались молотковые дробилки.

#### Библиографический список

1. Cyberleninka. ru: Научная библиотека открытого доступа [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://dakt-engineerin.livejournal.com/> www. cyberleninka.ru /article/n/razvitie-gornyh-nauk-v-rossi свободный. – Загл. с экрана.
2. Сайт Росинформуголь [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://dakt-engineerin.livejournal.com/www.rosugol.свободный>– Загл. с экрана.
3. В.М. Стаховский. Подготовка угля к коксованию: учебник для курсов техминимума/Н.Ф. Никитин, В.М. Стаховский.– М.:Металлургиздат,1940.– 239с.
4. Першин В.В. История развития горного дела: монография / В.В.Першин. – Новосибирск: Наука, 2009. – 513 с.

УДК 622.7 (09) (470)

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В РОССИИ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

**Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.  
Научный руководитель: Кравченко А.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк.*

В данной статье рассмотрена тенденция к улучшению качества обогащаемого угля и совершенствование технологии его обогащения. А также представлены данные о вводе в эксплуатацию обогатительных аппаратов отечественного производства.

Ключевые слова: обогатительные машины, качество, сырьевая база, автоматизация, обогащение угля.

На момент 1951-1955г. перед угольной промышленностью были поставлены большие задачи по улучшению качества угля путем значительного расширения его обогащения и брикетирования. Угольная промышленность должна обеспечить за пятилетие рост обогащения углей примерно в 2,7 раза. Для выполнения этих задач осуществляется большое строительство новых ОФ со сложной технологией обогащения угля, оснащаемых новейшими обогатительными машинами и аппаратурой. Гравитационные методы, использующие для разделения угля и породы разницу их удельных весов, являются основными методами обогащения угля в этот период. В связи со значительным расширением обогащения угля гравитационные методы обогащения получают большое развитие [2].

С 1954г. начинают серийно выпускать высокопроизводительные отсадочные машины БОМ-К 10 для крупного угля и БОМ-М16 для мелкого. С 1962 г. налажен выпуск отсадочных машин с подрешетным расположением воздушных камер различных типоразмеров под маркой ОМ. В период 60-70х г. наблюдается значительный рост выпускаемых продуктов углеобогатительных фабрик. Возрастающая потребность металлургической промышленности кондиционных концентратов коксующихся углей и ухудшение сырьевой базы за счет добычи углей повышенной зольности обусловили необходимость строительства новых обогатительных фабрик. Так только в Кузбассе в период с 1953 года по 1966 было построено и введено в эксплуатацию 15 фабрик с мокрым, более совершенным, чем пневматическим, способом обогащения [1].

Обогащение углей в СССР развивается быстрыми темпами. За эти годы в нашей стране создано новое высокопроизводительное оборудование для углеобогатительных фабрик, усовершенствованы и упрощены схемы обработки, сконструированы новые машины и приборы для опробования, контроля и автоматизации технологического процесса. Наблюдается тенденция к сокращению малоэффективных процессов обогащения (в мочных желобах, на пневматических сепараторах) и замене их более совершенными процессами (обогащением в тяжелых средах, в модернизированных и новых высокопроизводительных отсадочных машинах, флотацией и др.) [3].

Качеству топлива промышленность предъявляет постоянно растущие требования. Задачей работников углеобогатения является осуществление переработки добываемого топлива с целью наиболее эффективного его использования в народном хозяйстве. Основной рост объемов переработки углей в период 1971-75г. осуществлен за счет интенсификации производственных процессов и технологического перевооружения. На ОФ применяются прогрессивные методы - тяжелосреднее обогащение, отсадка и флотация. Объем обогащения в тяжелых средах в 1975 г. достиг 64 млн.т., флотации - 25 млн.т.. При этом резко снизились объемы обогащения в мочных желобах и пневматика. Применяемые на фабриках современные схемы и процессы

мокрого обогащения обеспечивают наиболее высокие технологические и технико-экономические показатели.

В 1971г. разработан и внедрен на фабриках Донбасса и других угольных бассейнах страны агрегат «Каскад» для подготовки пульпы перед флотацией. Он заменяет 8 контактных чанов, сгустительные воронки и реагентные питатели при экономии электроэнергии в 5-6 раз, увеличение скорости флотации и повышение выхода флотоконцентрата в среднем на 0.8%. Разработаны и успешно внедрены двухстадиальные схемы и режимы флотации труднофлотируемых высокозольных шламов газовых углей. Для обезвоживания флотационного концентрата создан специальный угольный фильтр «Украина 80», применение которого позволяет в 2-4 раза сократить кол-во устанавливаемого оборудования и снизить энергоёмкость за счет вспомогательного оборудования. В 70-е годы на ОФ для предварительного обезвоживания и классификации угля по размеру 0.5 мм (дешламация) всё большее распространение получают гидравлические классификаторы различных конструкций. В частности, в результате применения багер-зумпфов стало возможным значительно упростить схему обезвоживания концентрата, так как были исключены обезвоживающие грохоты, пирамидальные отстойники и шламовые грохоты.

В период 1976-80г. остро стал вопрос о поиске эффективных путей реализации резервов обогащения углей. Указанная проблема может быть успешно решена при автоматизации всего технологического комплекса с использованием средств вычислительной техники, позволяющей координировать работу ОФ и оперативно получать информацию. Это также снижает потери времени по организационным причинам и увеличивает выход концентрата за счет оптимизации всего технологического комплекса ОФ. В отрасли автоматизированно 46,4% всех технологических комплексов. Затраты окупаются примерно за полгода [3].

В области переработки твердых горючих ископаемых все более широкое применение получает тяжелосреднее обогащение как крупных, так и мелких углей. Ворошиловградский машиностроительный завод им. А.Я. Пархоменко серийно выпускает 2 типоразмера тяжелосредних сепараторов с вертикальным элеваторным колесом СКВ-20 и СКВ-32. Их использование позволяет проектировать малопоточные технологические схемы для обогащения крупного угля.

Для сокращения потерь угля разработана и внедрена технология обогащения углесодержащих отвальных пород в противоточных гравитационных сепараторах типа КНС. Опыт длительной эксплуатации КНС позволил рекомендовать их для механизации выборки породы из горной массы для исключения непроизводительного ручного труда.

В 1980-х годах наряду с традиционным использованием ископаемых углей, всё большее развитие получают новые направления, в том числе производство синтетического жидкого топлива, газификация, производство углеграфитовых материалов, адсорбентов и др. Поэтому большое значение

приобретает глубокое изучение свойств углей с целью установления наиболее перспективных путей их применения.

#### Библиографический список

1. Першин В.В. История развития горного дела: монография / В.В. Першин. – Новосибирск: Наука, 2009.- 513 с.
2. Проценко Н.А. Гравитационные методы обогащения угля. Учебник для горн. техникумов / Н.А. Проценко.- М.: Углекимиздат, 1954.- 187с.
3. Фоменко Т.Г. Технология обогащения углей / Т.Г. Фоменко, В.С. Бутовецкий, Е.М. Погарцева. Справочное пособие.- М.: Недра, 1976.- 503с.

УДК 622.7 (09) (470)

### **РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ В РОССИИ В КОНЦЕ XX, НАЧАЛЕ XXI ВВ.**

**Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.  
Научный руководитель: Кравченко А.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье рассмотрено состояние обогащения углей в сложный период перестройки и постсоветского времени. Также затронуты вопросы развития технологии обогащения угля вначале XXI столетия. Рассмотрена динамика добычи угля в России.

Ключевые слова: сухое обогащение, подземное обогащение, переработка шламов, категория обогатимости, хвостохранилища.

В конце 1980-х годов в экономике страны назревал общий хозяйственный кризис. В 1989 году социально-экономическая обстановка в угольной промышленности резко обострилась. Технологический кризис в отрасли стал перерастать в социально-экономический, который привел к массовым протестам шахтеров.

Мощные забастовки потрясли угольную отрасль в 1989-1990 гг. В целях вывода угольной отрасли из системного кризиса, её адаптации к рыночной конкуренции с другими топливными ресурсами, было признано необходимым начать глубокие структурные отраслевые и межотраслевые преобразования, т.е. осуществить реструктуризацию отрасли. Как и в других угледобывающих странах мира, в России 90-х годов отмечается тенденция ухудшения качества добываемого угля. Одной из особенностей экономики того времени является развитие рынка, где уголь уже не является дефицитным продуктом, и объемы добычи его определяются не столько производственными возможностями угольной промышленности, сколько величиной спроса на уголь.

В 1992г. на ОФ в России, как и во всем мире, наиболее широко приме-



няется обогащение в тяжелых средах, отсадка и флотация, которые в настоящее время являются самыми оптимальными методами обогащения. В 1993 г. на ОФ переработано 112.1 млн.т. угля, в том числе 48.8 млн.т угля для коксования. Первым важным проектом в Кузбассе стало внедрение схемы обогащения крупнозернистых шламов в спиральных сепараторах и обезвоживание тонкого концентрата (кл. 0-2 мм) в осадительно-фильтрующих центрифугах «Декантер» на ЦОФ «Кузбасская» в 1997 г. Устанавливаются ленточные фильтр-пресса «Phoenix» для обезвоживания концентрата [1].

Объем производства угольной продукции в стране по итогам 1998 г. оказался самым низким за период с 1990 года – 232,3 млн т.

В 2000-х годах одним из перспективных направлений является технология подземного обогащения угля, целью которого является замкнуть под землей процесс переработки угля и выдачу на-гора товарного малозольного угля-концентрата, а шахтным водоотливом-воды без излишних взвесей. Процесс подземной переработки угля содержит 6 этапов: измельчение, смешивание, разделение, измельчение, разделение, разделение (осветление шахтной воды) [1].

В 2003 году применяют новую технологию сухого обогащения углей в условиях угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий. Предлагаемая технология предполагает исключение затрат на дробление, обогащение углей «сухим» способом начиная от класса +40 и оставляя для «мокрого» класс -40мм. Применение данной технологии выгодно для ОФ (порода отбирается на входе, не дробится, не проходит через весь технологический процесс, уголь сушить не нужно), для шахт и разрезов. Эта технология позволяет получить значительный экономический эффект. Задействовано шнековое оборудование. В 2004г. ОФ «Антоновская» стала первой фабрикой, выпускающей коксующийся концентрат с извлечением до нуля, использующая исключительно механические методы обезвоживания концентрата, без использования термической сушки [1].

В 2007 году на ОФ внедряют флотационные методы обогащения, которые позволяют эффективно перерабатывать сырье, которое еще вчера считалось отходами производства. Переработка шламов, с получением высокозольных отвалов, позволит избавиться от шламонакопителей и частично восстановить первоначальный ландшафт местности. Повышение уровня переработки, совершенствование качества продукции – это актуальная общемировая тенденция в экономике.

Если рассматривать динамику добычи угля в России, то видно, что с 2000-го по 2010 год произошел существенный рост объемов – с 258 до 323 млн тонн, или на 25%. При этом переработка угля росла еще быстрее. За тот же период объем обогащения вырос на 36%, в том числе коксующегося угля – на 12%, энергетического – почти в два раза. Стимулирующим фактором столь быстрого и масштабного развития добычи и углепереработки явился рост экспорта, объем которого из-за благоприятной мировой конъюнктуры к 2010 году

превысил 100 млн. тонн. А мировой рынок предъявляет жесткие требования к качеству угля (зольность 8-12%, содержание серы менее 0,5%, влага менее 8-9%, калорийность свыше 6 000 ккал). В Кузбассе, крупнейшем угледобывающем регионе страны, ситуация с обогащением немногим лучше, чем в других регионах. В прошлом году в среднем по России доля обогащения в общем объеме добытого угля составляла 36,4%, в Кузбассе же она находилась на уровне 40%. При этом в регионе значительно изменилась доля обогащения энергетического угля, которая выросла с 2,7% в 2000 году до 25,6% в 2010-ом году.

В настоящее время переработка угля в Кемеровской области ведется на 35 обогатительных фабриках (ОФ) и 16 сортировочных установках. За первое десятилетие нового века в регионе было введено 11 ОФ, при этом только с 2008 года, несмотря на кризис, заработало две фабрики. Еще две были запущены в начале 2011 года. Сегодня практически каждый новый проект строительства шахты или разреза в Кузбассе реализуется в связке со строительством мощностей по обогащению. В последние годы фабрики проектируются и строятся очень быстро – за 11-16 месяцев, и многие виды проектных и строительных работ выполняются параллельно. Причем проекты фабрик нового времени радикально отличаются от гигантов прошлого с их огромными площадями гидроотвалов, трубами термических сушек, большой численностью персонала и расходами электро- и теплоэнергии.

Сегодня также становится стандартным подход к строительству фабрик, которые могут обогащать угли как энергетических, так и коксующихся марок (технологии позволяют перерабатывать угли различной категории обогатимости и при этом получать товарную продукцию заданного качества).

В процессе обогащения угля кроме основных продуктов получают не товарный продукт-отходы (породу и отходы флотации). Порода фабрик представляет собой твердый продукт с содержанием влаги до 10 %, а отходы флотации находятся в жидком состоянии (содержание твердого лишь 4-7%). Различное физическое состояние отходов обуславливает их отдельное складирование. Порода складировается в терриконы или плоские отвалы, а отходы флотации - в специальное хранилище - илонакопители. С ростом добычи и обогащения угля увеличивается количество отходов, требующих для складирования огромных территорий.

Учитывая неизбежное повышение платы на земельные участки под хвостохранилища и ужесточение экологических требований к промышленному производству, появилась необходимость разработать программу замыкания водно-шламовых схем в пределах промышленных площадок ОФ с использованием фильтр-прессового оборудования. [1]

Создание полностью замкнутого цикла - невозможно, так как часть оборотной воды будет уходить с продуктами обогащения, так же, существует явление испарения жидкости. За то совершенствование технологии осветления и сгущения вод позволит значительно уменьшить объемы кека и увеличить количество жидкости, возвращаемой в обогатительные процессы.

Развитие и состояние водно-шламовой схемы на отечественных ОФ отражает в определённой степени историю советского углеобогащения. До начала 50-х годов «классической» считалась двухстадиальная водно-шламовая система с бетонными пирамидальными сгустителями на первой стадии подготовки шламовых вод, сгущением и гидроклассификацией шламов перед флотацией в радиальных сгустителях на второй стадии. Сгущенный продукт флотировался, илистый шлам направлялся в оборот, что приводило к частым залповым выпускам оборотной воды из системы фабрики.

С 60-х годов в Донбассе, Кузбассе и Карагандинском бассейне внедрено более 20 одностадиальных систем. При таком варианте обработки шламовых вод флотация становится одновременно средством обогащения шламов и регенерации шламовых вод. Переход на такие системы позволил высвободить на некоторых УОФ радиальные сгустители, использовавшиеся для целей сгущения шламовых вод. Одновременно были изобретены флокулянты. Отходы флотации сгущались с применением флокулянтов в сгустителях перед выпуском в хвостохранилища.

#### Библиографический список

1. Першин В.В. История развития горного дела: монография / В.В. Першин. – Новосибирск: Наука, 2009. – 513 с.
2. Костромитин А.В. Обоганительная фабрика «Нерюнгринская» ОАО ХК «Якутуголь» – вчера и сегодня / А.В. Костромитин, С.А. Осадчий // Уголь. – 2004. – №10.
3. Засядько А.В. Обоганительной фабрике «Нерюнгринская» ОАО ХК «Якутуголь» – 20 лет / А.В. Засядько, С.А. Осадчий // Уголь. – 2004. – №10.

УДК 622.23.026.5:624.9

## **АНАЛИЗ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА ОХРАНЯЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Семина А.А.**

**Научные руководители: канд. тех. наук Машуков И.В.,  
Матвеев А.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Приведены результаты мониторинга сейсмического воздействия массовых взрывов на охраняемые объекты в Кемеровской области.

Ключевые слова: сейсмическое воздействие, охраняемый объект, массовый взрыв, безопасное расстояние.

В настоящее время горная промышленность выходит на новый уро-

вень развития. Этому свидетельствуют новейшие развития в горнодобывающей промышленности, увеличение объемов добычи угля, а так же правительственные программы, направленные на стимуляцию угольной промышленности. Кузбасс был и остается одним из главных угледобывающих регионов России. Регион имеет большие запасы угля различных марок, от бурых до антрацитов. 86% добычи каменных углей, добываемых в России, приходится на Кузбасс, а так же около 80% всех коксующихся углей.

На угольных предприятиях данного региона для отделения пород от массива и дробления до определенной крупности широко применяется энергия взрыва (буровзрывные работы). Это обусловлено тем, что породы Кузбасса относятся к скальным и полускальным. Отделение и дробление породы и полезного ископаемого производится массовыми взрывами скважинных зарядов. Существует ряд негативных воздействий массовых взрывов на окружающие объекты. К ним относятся: ударно – воздушная волна, разлет кусков породы, выброс вредных веществ в атмосферу, сейсмическое воздействие и т.д. Данные проявления требуют надлежащего и постоянного контроля [3].

Сейсмическое воздействие на окружающую среду при проведении промышленных взрывов зависит от многих факторов и носит чрезвычайно сложный характер. Сейсмические колебания, которые возникают при проведении массового взрыва ВВ на производстве, подаются законам, описывающим распространение и возникновение сейсмических волн в земной коре. Вследствие массового взрыва, возникающие сейсмические колебания имеют сходство с колебаниями при землетрясении (в зоне непосредственной близости), однако данные колебание более высокочастотны и менее продолжительны. При массовых взрывах ВВ наблюдаются продольные, поперечные и поверхностные волны, а так же интенсивные сейсмические колебания, которые возникают при дифракции и преломлении волны. Параметры волн изменяются в зависимости от массы взрыва, расстояния до взрыва, ориентации волнового фронта относительно направления к пункту наблюдения, условий на пути распространения волн

Рядом с местом, где находится источник массового взрыва, колебания грунта определяются продольными и поперечными волнами, а амплитуда и период колебаний движения грунта, по большей части, зависят от параметров взрыва, чем от свойств среды. На больших расстояниях от источника взрыва преобладают поверхностные волны. В данном случае играют важную роль свойства среды и ее строение (трещиноватость, акустическая жесткость пород и т.д.).

Массовые взрывы на угольных разрезах выполняются в соответствии с едиными правилами безопасности при взрывных работах и типовыми проектами производства буровзрывных работ, которые, в свою очередь, разрабатываются согласно «Типовой инструкции по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности». А также необходимо учитывать параметры буровзрывных работ проекта разработки конкретного месторождения.

Расчет сейсмически безопасных расстояний производится на основании различных факторов. К ним относятся: схема инициирования, масса заряда, свойства грунта, а так же тип сооружения (таблица 1).

Таблица 1 – Классы ответственности зданий и сооружений

Тип сооружения	Класс ответственности
Сооружения промышленного назначения большой важности (трубопроводы, большие цеха, копры шахт, и т.д.) со сроком службы более 20 лет, гражданские здания с большим скоплением людей (3÷5 этажные жилые дома, кинотеатры, больницы и т.п.)	2
То же, но небольших размеров в плане и не выше трех этажей (АБК, мехмастерские и т.п.)	3
Здания и сооружения, нарушения в которых не угрожают жизни и здоровью людей, повреждению оборудования	4

Массовые взрывы на угольных разрезах выполняются на основании требований «Единых правил безопасности при взрывных работах» [1], в соответствии с типовыми проектами производства буровзрывных работ, которые, в свою очередь, разрабатываются согласно «Типовой инструкции по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности» [2], с учетом параметров буровзрывных работ проекта разработки конкретного месторождения. Расчет безопасного расстояния по сейсмическому воздействию массового взрыва ВВ рассчитывается по определенным формулам, в которых учитываются свойства грунта в основании охраняемого объекта (здание, сооружении), тип объекта, значимость объекта.

$$r_c = N^{\frac{1}{6}} K_r K_c \alpha \sqrt{Q}$$

Формула используется для расчета безопасного расстояния для объектов (зданий, сооружений), при взрывании однократным взрывом сосредоточенного заряда ВВ,

где  $r_c$  – безопасное расстояние от места взрыва до объекта (здания, сооружения), м;

$K_r$  – коэффициент, который зависит от свойств грунта в основании объекта;

$K_c$  – коэффициент, который зависит от типа объекта и характера застройки;

$\alpha$  – коэффициент, который зависит от условий взрывания ВВ;

$Q$  – масса заряда, кг;

Регистрация сейсмических колебаний земной поверхности осуществлялась в селе Гавриловка.

Данная регистрация проводилась 16.12.2014 г. (рисунок 1) при производстве массового взрыва на участке открытых горных работ ООО «Разрез

Степановский». Масса ВВ во взрывах составляла 45379 кг. Расстояния от взрыва до места регистрации составляло 2120 м.

Результаты записи фактической скорости сейсмических колебаний земной поверхности при массовых взрывах представлены в сейсмограмме скорости сейсмических колебаний поверхности от массового взрыва.

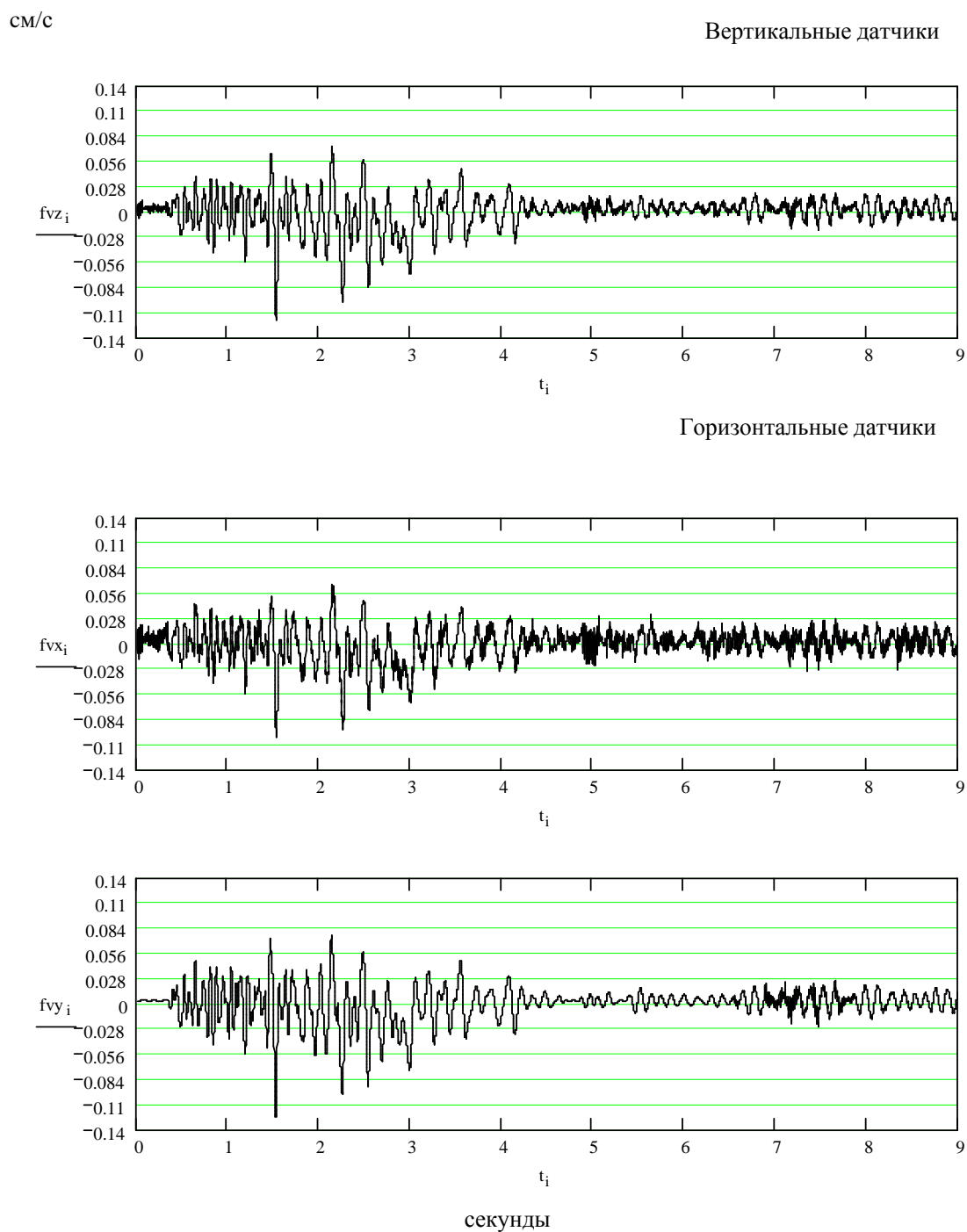


Рисунок 1 – Запись скорости сейсмических колебаний от массового взрыва 16 декабря 2014 г. на ООО «Разрез «Степановский» (пос. Гавриловка, ул. Молодежная, дом.1)

Максимальные величины вертикальных и горизонтальных скоростей сейсмических колебаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Величина максимальной скорости сейсмических колебаний

Дата регистрации, (масса ВВ, кг)	Пункт регистрации (расстояние, м)	Величина максимальной скорости сейсмических колебаний, см/с	Направление колебаний
16.12.2014 г. (45379 кг)	ул. Молодежная, дом 1 (2120 м)	0,02	вертикально
		0,02	горизонтально
		0,019	горизонтально

В измерениях по трем направлениям максимальные величины скорости сейсмических колебаний земной поверхности составляют допустимые значения.

Таким образом, можно отметить, что максимальная величина скорости сейсмических колебаний земной поверхности в п. Гавриловка в жилом доме по ул. Молодежная, д.1 на расстоянии 2120 м при взрыве с общей массой ВВ 45379 кг 16.12.2014 г. составила 0,02 см/с в вертикальном направлении, что в 100 раз меньше предельно допустимой.

#### Библиографический список

1. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01)/ Безопасность при взрывных работах: сб. документов. – Сер. 13. – Вып. 1. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2007.– 230 с.
2. Типовая инструкция по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности: утв. Госгортехнадзором России 14.05.93 № 10.– 12 с.
3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник для вузов.– М.: Изд. «Горная книга», 2007.– 471 с.:ил.

УДК 622: 232.75

## **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СТРУГОВАЯ ВЫЕМКА ПРИ ОТРАБОТКЕ ТОНКИХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА**

**Борzych Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье рассмотрена актуальная проблема отработки тонких пластов. Проведен анализ отработки тонких угольных пластов на шахтах Кузбасса. Приведены достоинства и недостатки струговой технологии.

Ключевые слова: тонкие угольные пласты, струговая установка, стру-

говая выемка, отработка тонких пластов.

Оценка запасов угля в Кузнецком бассейне показала, что пригодные для выемки запасы угля в тонких пластах составляют более 63млн.т. Это запасы, которые в настоящее время не подлежат отработке традиционно применяющимися средствами и технологическими схемами выемки. Отказ от отработки этих запасов влечет за собой невосполнимую потерю значительного количества угля. Тем более, что в тонких пластах залегают большие запасы углей высокого качества. Так, на пластах мощностью 0,8-1,2м средневзвешенная зольность углей находится в пределах 13%, в то время как зольность добываемых в настоящее время углей из пластов средней мощности в 2-3 раза выше этого уровня.

Тонкие угольные пласты являются ценными и с точки зрения их комплексного использования, так как содержат более высокие концентрации металлов по сравнению с мощными пластами [1].

Исходя из этого, разработка технических решений по подготовке и отработке тонких пластов является весьма актуальной проблемой, которая одновременно и весьма сложна, ввиду специфичности условий их разработки.

Для отработки тонких пластов в условиях шахт Кузбасса проведена комплексная оценка всех отечественных и зарубежных технологий отработки тонких пластов, их эффективность, а также применимость в конкретных условиях. Были рассмотрены комбайновый способ отработки, выемка струговыми, скрепероструговыми и бурошнековыми установками, гидравлическая выемка.

Многолетний отечественный и зарубежный опыт показал, что при отработке тонких пластов в большинстве случаев применяются струговые установки.

Так исследования отработки тонких угольных пластов на шахтах Кузбасса («Березовская», «Абашевская», «Чертинская-Южная», «Есаульская») позволяют сделать вывод о том, что отработка угольных пластов при помощи струговых мехкомплексов наиболее приемлема, чем отработка угольных пластов этой же мощности комбайновыми мехкомплексами, и имеет свои основные преимущества: низкая энергоемкость; высокий ресурс струга за счет его высокой надежности; повышение на 15-20% сортности отбитого угля; снижение зольности отбитого угля на 3-5% из-за отсутствия присечки пород кровли или почвы; низкая вероятность возникновения динамических проявлений выбросов и горных ударов; организация выемки угля без присутствия рабочих в очистном забое; низкое пылеобразование [2].

К недостаткам струговой технологии относятся: снижение производительности при работе на пластах с высокой крепостью и вязкостью; необходимость наличия крепкой почвы; кривизна почвы не должна превышать 30 м; в угольном пласте должны отсутствовать крепкие конкреции диаметром более 50мм.

К основным технологическим недостаткам в эксплуатации струговых



установок в Кузбассе можно отнести: недостаточная обученность рабочих и ИТР в эксплуатации струговых установок; недостаточно грамотное исполнение сопряжений отдельных узлов и механизмов в комплексе; недостаточная производительность конвейерных линий, т.е. ниже, чем техническая возможность струговых мехкомплексов; недостаточная подготовленность сотрудников шахт и вышестоящих организаций при участии в заключении контрактов на поставку оборудования, струговых мехкомплексов и т.д [2].

В настоящее время этот способ выемки угля является наиболее перспективным и технологически удобным для практического перехода на полностью безлюдную выемку в очистном забое. В полностью автоматизированном струговом очистном забое все процессы протекают под контролем компьютера.

Для достижения высоких показателей применения струговой выемки в условиях шахт Кузбасса предлагается применять:

- для тонких пластов мощностью до 0,8 м - струговую установку отрывного действия;
- для пластов мощностью от 0,8 до 2,0 м и более и любой крепости угля - скользящий струг.

Современные струговые установки автоматизированы и работают с дистанционным управлением. Автоматизированная система управления механизированной крепью и стругом открывает новые возможности в горном деле, позволяет сократить подземный персонал, обезопасить труд горняка, значительно увеличить производительность труда и добычу. Благодаря собственной операционной системе с оптимальным программированием и передачей данных о ситуации в лаве прибор имеет возможность многостороннего применения. Фирма Marco является единственным изготовителем, имеющим опыт автоматизации струговых лав маломощных пластов, вплоть до поверхности.

Таким образом, применение струговых установок является наиболее привлекательным способом угледобычи, позволяющим устранить недостатки, присущие комбайновой выемке угля. Струговая техника – это испытанная и надежная техника.

#### Библиографический список

1. Артемьев В.Б. Перспективы струговой выемки угля / В.Б. Артемьев // Уголь.- 2004.- №3.- С. 9.
2. Ремезов А.В. Анализ работы струговых установок на шахтах Кузбасса [Текст] / А.В. Ремезов, К.А.Бубнов, В.И. Храмцов // ГОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет» - Кемерово, 2010. – С. 181 - 201.

## **К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГИЕЙ ЗЕМНЫХ НЕДР В ГОРНОМ ДЕЛЕ**

**Чижик Ю.И., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной работе предлагается применить системный подход, то есть рассматривать шахту (или ее часть) как единую термодинамическую систему, что позволит включить самонагревание угля в качестве элемента системы, который влияет на тепловой режим шахты.

Ключевые слова: эндогенная пожароопасность, тепловой режим, самовозгорание, самонагревание угля, энергия, системный подход, термодинамическая устойчивость, мониторинг.

Одним из распространенных видов аварий в угольных шахтах являются эндогенные пожары. Эндогенные пожары возникают из-за самонагревания угля в труднодоступных местах, таких как выработанное пространство, в целиках, за крепью подготовительных выработок, в пластах-спутниках. В формировании в выработанном пространстве очагов самонагревания угля в начальной стадии их возникновения велика роль опорного горного давления. Так как опорным горным давлением совершается механическая работа по разрушению краевой части угольного массива с преодолением сил трения, то в процессе этой работы, в зоне упруго-пластических деформаций пласта, выделяется тепло. Вследствие этого разрушаемый уголь приобретает температуру на 25–35° и более градусов выше, чем температура окружающего углепородного массива [1]. По мере повышения температуры в очаге окисления угля возрастает интенсивность окислительного процесса и роста температуры угля. При достижении в очаге самонагревания температуры 700°С происходит самовозгорание угля.

Эндогенная пожароопасность и тепловой режим шахт тесно связаны, более того, они базируются на одной основе - общих термодинамических законах, следовательно, полностью зависят друг от друга и конечном счете детерминированы. Такая уверенность основана на энергетическом подходе, согласно которому уголь представляет собой продукт, содержащий скрытую энергию, равную теплоте его сгорания и возрастающую с увеличением степени метаморфизма углей, но в то же время в большей степени законсервированную. Поэтому необходимо затратить дополнительное количество энергии для того, чтобы получить ее. Величина этой энергии может колебаться от нуля (при самовозгорании) до некоторой величины, которая зависит от многочисленных факторов. На первом месте среди них стоит химическая активность, так как она служит объективным показателем способности вступать в реакцию окисления различных марок углей при одинаковых внешних

условиях. Однако химическая активность не может служить достаточно надежным показателем склонности угля к самовозгоранию, а только относительным. Следовательно, она представляет собой потенциальную возможность самовозгорания, которая зависит от внешних причин [2].

Помимо химической активности угля другие факторы являются крайними условиями, определяющими процесс самовозгорания, используя которые возможно влияние на этот процесс. Для того, чтобы управлять самонагреванием, недостаточно учитывать условия окружающей среды, непосредственно примыкающей к пожарному участку, нужно владеть максимальным количеством информации. В связи с чем предлагается применить системный подход, то есть рассматривать шахту (или ее часть) как единую термодинамическую систему. Такая постановка вопроса позволяет включить самонагревание угля в качестве элемента системы, который влияет на тепловой режим.

Под системой понимают совокупность взаимодействующих элементов, составляющих целостное образование. Каждому элементу присущи различные свойства. Основными свойствами элемента являются следующие:

1. Элемент системы выполняет только ему присущую функцию, которая не повторяется другими элементами данной системы;
2. Элемент обладает способностью взаимодействовать с другими элементами и интегрировать с ними. Это является признаком целостности системы;
3. Элемент тесно связан с другими элементами своей системы.

Свойства элементов термодинамической системы позволяют вывести общее правило управления: всегда надо стремиться к термодинамической устойчивости системы в целом, а не тех или иных ее элементов, подсистем.

Элементами системы являются: шахтная атмосфера, горный массив, горная масса, уголь, газ, вода, машины, механизмы, искрение, образующееся при фрикционном трении обрушающихся пород кровли и другие составляющие горного производства. Все они имеют свои характеристики, служащие средством управления термодинамическим состоянием шахты.

Предполагается, что в системе может формироваться некоторая модель, располагающая большим объемом данных и учитывающая предыдущий опыт работы системы, а также некоторые дополнительные данные, характеризующие ситуацию.

Преимущества данного подхода: целостное восприятие объекта; описание и оценка его состояния с позиции и методами термодинамики. Данный подход предлагается в качестве основы термодинамического мониторинга угольных шахт и рекомендуется для совместного использования с методиками расчета теплового состояния горных выработок и инструкциями по прогнозу эндогенной пожароопасности шахтопластов.

#### Библиографический список

1. Скрицкий В.А. Эндогенные пожары в угольных шахтах, природа их возникновения, способы предотвращения и тушения /В.А. Скрицкий, А.П. Федорович, В.И. Храмов// Кемерово, Кузбассвуиздат, 2006. – 175 с.

2. Чижик Ю.И. Системный подход к управлению термодинамическим состоянием угольных шахт [Текст] / Ю.И.Чижик // Современные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: Сборник научных работ / СибГИУ.- Новокузнецк, 1998.- С.113-116.

УДК 622.232.72

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА

**Талабира В.Ю.**

**Научный руководитель: доцент Маринченко В.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, talabira@mail.ru*

В данной статье рассмотрена новая методика расчета производительности очистных комбайнов со шнековым исполнительным органом.

Ключевые слова: очистной комбайн, шнек, производительность, эксплуатация машин.

Согласно существующим стандартам под термином «эксплуатация машин» подразумевается ряд действий с ней от ее изготовления до утилизации. Одно из них – использование по назначению – подразумевает определение ее возможной производительности. Это необходимо в том числе и для исключения запредельных режимов ее эксплуатации.

В основе решения задачи по определению производительности очистного комбайна лежит известная методика резания, объясняющая зависимость между усилием на одиночном резце, механическими свойствами угля и конструктивными особенностями комбайна. Очистные комбайны современного технического уровня имеют модульное исполнение.

В процессе выемки угля скорость подачи формируется работой переднего шнека, производящего выемку пласта на величину « $D_{ш}$ ». Задний шнек производит зачистку, дорубку пласта и расходует только часть мощности своего электродвигателя. Поэтому, при решении данной задачи представляется возможным выполнять необходимые технические расчеты по параметрам одного исполнительного органа.

Согласно методике резания, усилие, возникающее на одиночном резце, определяется формулой:

$$P_0 = A \cdot h_{cp}, H; \quad (1)$$

где  $A$  – сопротивляемость угля резанию,  $H/м$ ;

$P_0$  – усилие на одиночном резце,  $H$ ;

$h_{cp}$  – среднее значение снимаемой стружки,  $м$ ;

Так как современный шнек имеет три спирали (редко – четыре), на которых крепятся резцы, образуя линии резания, то за один оборот снимается 3 стружки (рисунок 1). Скорость подачи формируется максимальным значением глубины ее резания:

$$h_{\max} = 1,55 \cdot h_{\text{ср}} \quad [1], \quad (2)$$

Усилие на одиночном резце можно также выразить через момент  $M_{\text{кр}}$ , передаваемый от электродвигателя на исполнительный орган (рис. 1):

$$M_{\text{кр}} = P_0 \cdot \frac{D_{\text{ш}}}{2} \cdot Z_{\text{к}}, \quad \text{Н}\cdot\text{м}; \quad (3)$$

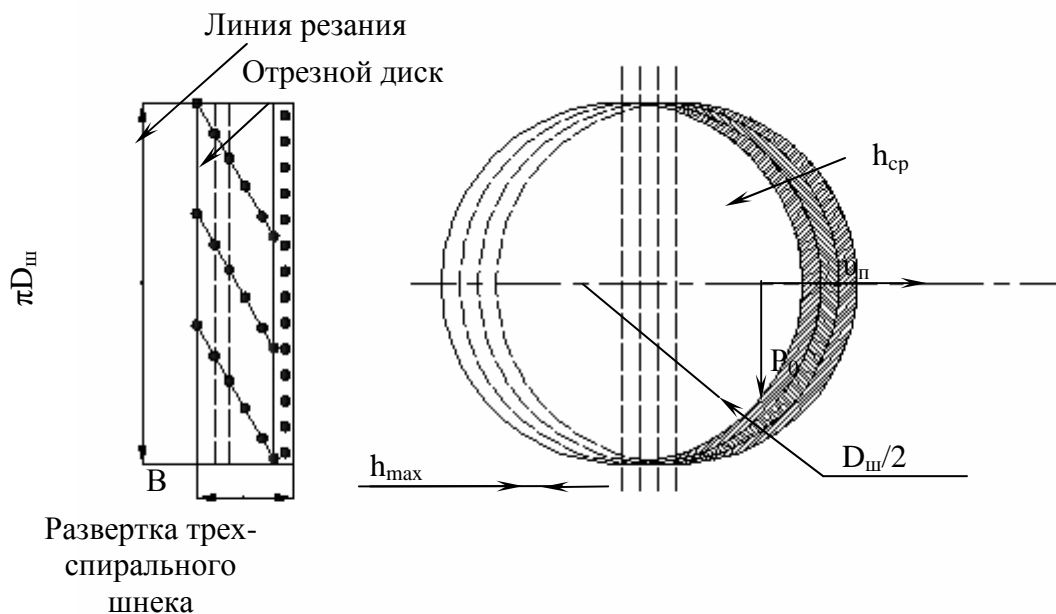


Рисунок 1 – Схема, объясняющая работу шнека

где  $Z_{\text{к}}$  – число резцов, постоянно находящихся в контакте с угольным забоем, равное половине всех резцов шнека, которое в общем случае равно 56...58 шт.

$$M_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{рез}}}{\omega}, \quad \text{Н}\cdot\text{м}; \quad (4)$$

где  $N_{\text{рез}} \approx 95\%$  от  $N_{\text{ш}}$ ;

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad \text{с}^{-1}; \quad (5)$$

Таким образом

$$P_0 = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{D_{\text{ш}} \cdot Z_{\text{к}}}, \quad \text{Н}\cdot\text{м}; \quad (6)$$

Составляется равенство:

$$A \cdot h_{cp} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D_{ш} \cdot Z_{к}}, \quad (7)$$

откуда

$$h_{cp} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{A \cdot D_{ш} \cdot Z_{к}}, \text{ м}; \quad (8)$$

$$h_{\max} = 1,55 \cdot h_{cp};$$

Скорость подачи комбайна определяется формулой:

$$v_n = n_{ш} \cdot h_{\max} \cdot Z_{сн}, \text{ м/мин}; \quad (9)$$

Таким образом, задача по определению производительности очистного комплекса сводится к определению производительности очистного комбайна.

*Пример:*

Определить производительность очистного комбайна KSW – 1140 по следующим исходным данным:

Мощность установки,  $N_{уст} - 2 \times 500 \text{ кВт}$ ;

Частота вращения шнека,  $n_{ш} - 33,2 \text{ мин}^{-1}$ ;

Диаметр шнека,  $D_{ш} - 1,8 \text{ м}$ ;

Ширина шнека,  $B - 0,8 \text{ м}$ ;

Мощность пласта,  $m - 3 \text{ м}$ ;

Сопrotивляемость угля резанию,  $A - 100 \text{ кН/м}$ ;

Длина лавы,  $L - 300 \text{ м}$ ;

*Решение:*

Определяется скорость подачи комбайна:

$$v_n = n_{ш} \cdot h_{\max} \cdot Z_{сн} \text{ м/мин};$$

$$h_{\max} = 1,55 \cdot h_{cp} \text{ м};$$

$$h_{cp} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{A \cdot D_{ш} \cdot Z_{к}} \text{ м};$$

$$M_{кр} = \frac{N_{рез}}{\omega} = \frac{495000}{\frac{\pi \cdot 33,2}{30}} = 142448 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$h_{cp} = \frac{2 \cdot 142442}{100000 \cdot 1,8 \cdot 28} = 0,056 \text{ м};$$

$$h_{\max} = 1,55 \cdot 0,056 = 0,087 \text{ м};$$

$$v_n = 33,2 \cdot 0,087 \cdot 3 = 8,66 \text{ м/мин};$$

$$Q = m \cdot B \cdot \gamma \cdot v_n = 3 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 8,66 = 27 \text{ т/мин};$$

$$Q_3 = 60 \cdot Q \cdot K_M = 60 \cdot 27 \cdot 0,4 = 810 \text{ т/час};$$

где  $K_M$  – коэффициент машинного времени, в данном случае принят по среднестатистическим данным равным 0,4.

Добыча с одной стружки (цикла):

$$Q_{стр} = m \cdot B \cdot \gamma \cdot L = 3 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 300 = 1170 \text{ т};$$

Длительность одного цикла:

$$t_{ц} = \frac{Q_{стр}}{Q_3} = \frac{1170}{810} = 1,44 \text{ часа};$$

Принимается 1,5 часа.

За сутки при режиме работы 18 ч/сутки, возможное количество стружек:

$$n_{стр} = \frac{18}{1,5} = 12 \text{ стружек};$$

В смену:

$$n_{см} = \frac{12}{3} = 4 \text{ стружки};$$

Добыча за смену:

$$Q_{см} = 4 \cdot Q_{стр} = 4 \cdot 1170 = 4680 \text{ т};$$

Добыча за сутки:

$$Q_{сут} = Q_{стр} \cdot 12 = 1170 \cdot 12 = 14040 \text{ т};$$

Добыча в месяц:

$$Q_{мес} = 30 \cdot Q_{сут} = 30 \cdot 14040 \approx 400000 \text{ т};$$

Далее следует выполнить проверку результатов расчета по газовому фактору.

Библиографический список:

1. Солод В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы // В. И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов / М.:Недра, 1991.- 500с.
2. Маринченко В. И. Механизированные комплексы для очистных работ. Учебное пособие // В. И. Маринченко / СибГИУ, 2008.- 120 с.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОРТОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА**

**Меньшутин З.Ю., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрено влияние различных факторов на устойчивость горных выработок карьеров.

Ключевые слова: устойчивость бортов, открытые горные выработки, карьер.

Проблемы динамики земной коры, обусловленные инженерной деятельностью человека, связаны с нарушениями ландшафта и земных недр. Ежегодное размещение отвалов пустых пород и отходов горного производства, приводит к изменениям геодинамического состояния обширных территорий.

Особенно большое негативное влияние на экологическое состояние природной среды оказывают открытые горные выработки. При этом площадь отчуждаемых земель на разрезах существенно зависит от устойчивости бортов разрезов и отвалов пород.

Факторами, влияющими на устойчивость бортов разрезов и откосов уступов, являются снижение прочности горных пород за счет естественных (обводненность, выветривание, разупрочнение, набухание), и производственно-технического характера воздействий.

Развитие деформаций массива горных пород в бортах карьеров, нарушения их устойчивости, происходит в течение некоторого периода. Любое нарушение устойчивости имеет скрытую стадию подготовки, в процессе которой происходит последовательное разрушение многочисленных структурных связей пород.

Выветривание пород приоткосных зон обуславливает развитие во времени осыпей откосов, сложенных преимущественно твердыми породами. На развитие осыпей оказывают влияние следующие факторы: угол наклона уступа, интенсивность трещиноватости и ориентировка трещин относительно поверхности уступа, способы заоткоски уступов технология буровзрывных работ, климатические условия района, вещественный состав пород, форма и размеры открытых горных выработок.

В пределах участков горных работ, сложенных преимущественно глинистыми породами, выделяются водоносные комплексы, где могут наблюдаться оползни и оплывины. Деформации откосов протекают при резком понижении уровня подземных вод в прибортовой части массива горных пород и медленном понижении уровня воды за пределами разреза. Наиболее бла-



гоприятные условия циркуляции подземных вод отмечаются в зоне интенсивной трещиноватости, что объясняет положение уровня данных вод на границе между породами подверженными и не подверженными выветриванию. Среда углевмещающей толщи, в связи с высокой анизотропией, является довольно неоднородной по своим фильтрационным и ёмкостным свойствам и представляет собой чередование разнопроницаемых пологопадающих интервалов. При этом наиболее высокими коэффициентами водопроницаемости обладают песчаники и угли, наиболее низкими – алевролиты и аргиллиты. Обнажение откосов бортов водопроницаемых слоев в условиях их выдержанного пологого падения приводит к понижению уровня подземных вод в приоткосной зоне горного массива. Следует отметить закономерности резкого снижения распространения водоупорных и водоотводящих интервалов в зоне выветрелых пород и усиление фильтрационной способности толщи по мере приближения слоев пород к дневной поверхности.

Основной причиной постоянно действующего сдвижения четвертичных пород является их периодическое увлажнение атмосферными осадками. В этой связи наиболее реальным способом стабилизации массива является периодическое выполнение планировочных земляных работ с целью исключения попадания в массив атмосферных осадков, а также выполаживание образованных (в результате сдвижения) вертикальных откосов и тампонаж трещин отрыва.

Актуальность исследований устойчивости откосов бортов угольных разрезов определяется тем, что в непосредственной близости, на борту разреза, расположено оборудование для ведения горных работ, часть которого может попасть в оползнеопасную зону.

Анализ инструктивных и нормативных документов, на основе которых определяются параметры углов откосов бортов и отвалов пород, показал, что в основном, эти документы обеспечивают прогнозирование устойчивого состояния бортов и отвалов в благоприятных горно-геологических и горнотехнических условиях. Однако, при возникновении нестандартных ситуаций (обильных атмосферных осадков, обильного таяния снегов, массовых взрывах, землетрясениях) методики прогноза устойчивости не обеспечивают безопасного состояния опасного производственного объекта, каким является угольный разрез. В этой связи возникает актуальная научно-практическая задача разработки методических и нормативно-технических документов, обеспечивающих устойчивость бортов и отвалов угольных разрезов в чрезвычайных ситуациях. Решению этой научно-практической задачи посвящены работы автора в ближайшие годы.

#### Библиографический список

1. Ржевский В.В. Основы физики горных пород: учебник для вузов / В.В.Ржевский – М.: Недра, 1984.– 359 с.
2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для вузов / А.М.Гальперин – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.– 473 с.

## **О ПОРЯДКЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ПУТЕВЫХ ЛИСТОВ ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Бурова А.О., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрена методика заполнения первичных учетных документов работы горно-транспортного оборудования.

Ключевые слова: путевой лист, карьер.

Основным первичным документом учёта работы горнотранспортного оборудования является путевой лист. Работа техники осуществляется только при наличии оформленного путевого листа утверждённой формы.

Путевой лист является основным документом, служащим для оперативного и бухгалтерского учёта, контроля за расходом топлива.

В заполнении путевого листа участвуют:

1. Начальник участка (заместитель начальника) осуществляет и заполняет:
  - контроль за выдачу и регистрацию (в специальном) сводном журнале путевого листа на каждую смену машинисту горнотранспортного оборудования;
  - контроль за правильным заполнением путевого листа (заполнение путевого листа без подчисток и исправлений). В случае необходимости корректировки ошибочно занесенных данных, в путевом листе в разделе «Особые отметки» делается соответствующая запись и заверяется начальником участка;
  - разделы «Наименование выполненных работ», «Меры безопасности» и «Причины простоев» заполняются лицами линейного надзора из числа ИТР (начальник участка, сменный мастер);
  - хранение путевых листов в течение 5 лет.
2. Мастер участка осуществляет и заполняет:
  - выдачу путевого листа (с заполнением даты, смены, марки и номера экскаватора, Фамилия и инициалы машиниста);
  - на оборотной стороне путевого листа заполняется (в начале смены): участок работы экскаватора, наряд на смену (объемы);
  - на оборотной стороне путевого листа заполняется (при окончании смены): фактически выполненные объемы, простои, время в работе, все подтверждается подписями мастера;
  - на лицевой стороне путевого листа мастер участка расписывает фактически выполненные объемы за смену, приводит их к III категории.
  - в строке «Удельная норма» диспетчером (ИТР участка) записывается удельная норма расхода дизтоплива, в строке «Фактический удельный расход» записывается фактический удельный расход топлива техники за смену

(рассчитанный как отношение фактического расхода топлива за смену в кг на фактический объем выполненной работы за смену). В строке «Отклонение» выводится снижение или превышение фактического удельного расхода топлива против норм и рассчитывает фактический удельный расход топлива за смену норму.

3. Машинист горно-транспортного оборудования заполняет:

- «работа машиниста» в строках «Начало смены», «Конец смены» записывается фактическое время начала смены (выхода техники из ремонтного бокса и окончания смены (постановки техники в ремонтный бокс);

- в графе «Показания счетчика моточасов» в строках «Начало смены», «Конец смены» механик записывает показания счетчика моточасов при выходе техники из бокса или при постановке в бокс;

- при приёме-сдаче смены непосредственно в забое, показания счетчика моточасов в строках «Начало смены», «Конец смены» записывает машинист;

- показания записываются только с исправных счетчиков моточасов. По окончании смены машинистом подсчитывается наработка в моточасах за смену;

- в графе «Остаток на начало, конец смены» раздела «Движение топлива» машинист записывает количество топлива, находящегося в баке техники на начало и конец смены (при выходе или постановке в бокс произведенные записи удостоверяются подписями лиц линейного надзора из числа ИТР или механиком). Графу «Расход» заполняет машинист и ставит свою подпись;

- на обратной стороне путевого листа медицинским работником при осуществлении медицинского осмотра в строке «Медосмотр прошёл» подписью и штампом удостоверяется состояние здоровья машиниста на начало и конец смены;

- передачу машинисту технически исправной машины и разрешение на выход её из ремонтного (стояночного) бокса механик удостоверяет своей подписью в строке «Выход разрешён». Машинист своей подписью удостоверяет получение технически исправной техники;

- при постановке техники в ремонтный (стояночный) бокс делается отметка о его техническом состоянии (исправен/неисправен), машинист удостоверяет своей подписью сдачу машины, а механик – её приём.

4. Водитель автомобиля - топливозаправщика заполняет:

- в разделе «Движение топлива» в графе «Вид, марка» водитель-экспедитор автомобиля-топливозаправщика записывает вид и марку выдаваемого топлива, в графе «Выдано» указывается количество отпущенного топлива, в графе «Время выдачи» записывается текущее время на момент заправки. Все записи удостоверяются подписью водителя-экспедитора.

- в графе «Удельный расход топлива» в строке «Плотность» водителем-экспедитором записывается фактическая плотность заправленного топлива.

#### Библиографический список

1. Положение о Нарядной системе ОАО «Кузбассразрезуголь».

## СТРОИТЕЛЬСТВО ВРЕМЕННЫХ КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ

Койнов Н.А., Матвеев А.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрены принципы и порядок сооружения карьерных автодорог.

Ключевые слова: карьерные автодороги, автосамосвал.

Автомобильные дороги, задействованные при отработке разреза, разделяются на технологические внутри и вне границ карьера, а так же служебные.

К этим дорогам относятся:

- транспортные бермы, располагаемые в рабочей зоне;
- автомобильные дороги, обеспечивающие вскрытие участка, соединяющие карьер, отвалы и промплощадку разреза.

Также технологические дороги делятся на постоянные и временные. К временным дорогам относятся дороги, располагаемые на уступах карьеров и отвалов, со сроком службы до одного года. К постоянным дорогам относятся дороги, располагаемые в карьерах и на отвалах со сроком службы до трех лет и объемом перевозок 15-25 млн. т. брутто/год – по нормам дорог III-к категории.

Служебные дороги карьеров, предназначенные для подъездов к местам стоянки автотранспорта и заправочным пунктам.

Предельно допустимые уклоны для технологических автодорог приняты согласно СНиП 2.05.07-91 «Промышленный транспорт. Нормы проектирования» и составляют 0,080 (80 ‰).

Временные технологические автодороги увязываются с требованиями и планом ведения горных работ на разрезе.

В качестве расчетного технологического автотранспорта следует принимать автомобиль с наибольшими габаритами, осевой нагрузкой и грузоподъемностью.

Параметры временных технологических автодорог должны обеспечивать безопасное движение с расчетной скоростью. Расчетные скорости для определения геометрических элементов технологических автодорог следует принимать в зависимости от условий (согласно СНиП 2.05.07-91):

- нормальные .....40 км/ч;
- трудные .....30 км/ч;
- особо трудные .....15 км/ч.

Для нормальных условий расчетная скорость соответствует фактическим средним скоростям движения автосамосвалов по горизонтальным уча-

сткам дорог с переходным покрытием.

Скорость и порядок движения автомобилей на дорогах разреза устанавливается с учетом конкретных условий эксплуатации конкретного предприятия.

Временные технологические дороги в карьерах и на отвалах относятся к дорогам III-к.

Внутренние автомобильные дороги проектируются в увязке с генеральным планом предприятия, исходя из условия обеспечения перевозок по кратчайшему пути и возможности подъезда пожарных и аварийных автомобилей к отдельным объектам, наименьшего ограничения скорости, обеспечения безопасности движения, удобство водоотвода и наилучшей защиты дороги от снежных заносов, охраны окружающей среды.

Предельные значения основных элементов плана и продольного профиля карьерных автодорог временного типа приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Предельные значения основных элементов плана и продольного профиля карьерных автодорог временного типа

Расчетная скорость движения автомобиля, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м												
		В плане при эксплуатации автосамосвалов марки БелАЗ						В продольном профиле при эксплуатации автосамосвалов						
		7540	7547	7555 D	75137	75170	75306	Выпуклых						вогнутых
								7540	7547	7555D	75137	75170	75306	
15	80	20	20	20	25	30	50	150	150	150	150	150	150	100
30	80	20	20	20	25	30	50	250	250	250	250	250	250	100
40	80	30	30	30	30	35	55	400	400	400	400	400	400	200

Дорога в плане и продольном профиле проектируется из прямолинейных участков, сопрягаемых кривыми различных радиусов.

На участках кривых в плане с радиусами 50 м и менее максимальные продольные уклоны уменьшают против норм, приведённых в таблице 1 на величину, указанную в таблице 2.

Таблица 2 – Корректировка радиусов кривых в плане

Радиусы кривых в плане, м	50	45	40	35	30	25	20
Уменьшение максимального продольного уклона против нормальных не менее чем на (‰)	10	15	20	25	30	35	40

Продольные уклоны на подходах к пересечению или примыканию на протяжении расчетных расстояний видимости поверхности дороги не должны превышать 40 ‰. На участках дорог с затяжными уклонами (более 60 ‰) необходимо предусматривать вставку с уклоном 20 ‰ длиной не менее 50 м через каждые 600 м длины затяжного уклона.

На временных технологических автодорогах, расположенных в преде-

лах границ горных выработок, предусматриваются устройства в виде грунтовых валов, при этом внешняя бровка вала должна быть вне призмы возможного обрушения.

Технологические дороги следует располагать вне призмы возможного обрушения уступов и развалов.

Размеры и формы поперечного профиля на разных участках дороги зависят от местоположения в горных выработках, грунтовых и гидрогеологических условий, а также проектируемых на данном полотне дорожных сооружений (дорожных одежд, обочин, ограждений, водоотводных сооружений и др.).

Ширину транспортной бермы следует проектировать с учетом размеров закветных полок для сбора осыпей со стороны вышележащего уступа. Ширина закветной полки в каждом конкретном случае устанавливается в зависимости от физико-механических свойств пород, слагающих вышележащий уступ, и принимается не менее:

- для четвертичных отложений - 5,6 м;
- для коренных пород - 4,7 м.

Ширину обочин временных дорог при расположении на них ограждающих устройств определяют с учетом геометрических параметров этих устройств согласно табл. 2.3.-2.6., но не менее 0,5 (1,0) м от подошвы грунтового вала безопасности до кромки проезжей части (до бровки земляного полотна).

Проезжую часть следует принимать с двухскатным поперечным профилем на прямолинейных участках автомобильных дорог в зависимости от вида дорожной одежды:

- переходные (щебёночное или гравийное покрытие) - 30 ÷ 35 ‰;
- низшие (грунтовое, профилированное местами с добавкой щебня) - 35 ÷ 40 ‰.

При радиусах кривых в плане до 500 м на карьерных дорогах необходимо предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны кривой за счет обочин. При этом ширина обочин после уширения проезжей части должна быть не менее 0,5 м.

На всех участках дорог, находящихся на уступах, проезжей части придается поперечный профиль с уклоном 20‰ в сторону вышележащего уступа. Обочины должны иметь поперечный уклон, одинаковый с уклоном проезжей части.

Поперечный профиль проезжей части карьерных дорог проектируется с открытым водоотводом.

#### Библиографический список

1. СНиП 2.05.07-91 «Промышленный транспорт. Нормы проектирования».

## **ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА ОТКОСЫ УСТУПОВ ТАЛДИНСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

**Меньшутин З.Ю., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрено влияние массовых взрывов на открытые горные выработки.

Ключевые слова: взрывные работы, карьер.

Горный массив карьерного поля Талдинского угольного разреза представлен, в основном, алевролитами (60%), песчаниками (24%), углем (12%) и аргиллитами (4%), имеющими слоистую структуру. Углы падения слоев горных пород изменяются от  $5^{\circ}$  до  $14^{\circ}$ , с глубиной происходит их выполаживание до  $2^{\circ}$ . Глубина выработок до 90 метров. Породы пронизаны системами трещин различного направления с углами падения как внутрь карьера, так и наружу, распространенными в среднем на глубину до 90–100м на водоразделах и до 70–80м – в понижениях рельефа местности.

Организация горных работ должна обеспечить достижение проектной величины коэффициента запаса устойчивости откосов – основного критерия безопасности открытых разработок.

В процессе разработки призма возможного обрушения в рабочем борту смещается вглубь массива, изменяя тем самым условия устойчивости откоса. Структурно-механические особенности массива горных пород – нарушение залегания пластов, слоистость, различие физико-механических свойств пород, слагающих разрабатываемый горно-геологический ярус, оказывают значительное влияние на условия устойчивости откоса в ходе ведения горных работ.

Таким образом, геологическая структура пород прибортового массива карьера обуславливает необходимость минимизации сейсмического воздействия массовых взрывов на откосы уступов, поскольку это является основным фактором обеспечения безопасных условий работы под высокими уступами персонала предприятия и горно-транспортного оборудования.

Снижение интенсивности деформационных процессов направлено на продление сроков стояния откосов бортов, наиболее подверженных выветриванию, при этом конечной целью управления является поддержание во времени заданной интенсивности деформирования откосов с применением специальных способов заоткоски уступов и упрочнения пород, а также регулированием мощности массовых взрывов.

Первоначально производится бурение и взрывание ряда предваритель-

ного щелеобразования с равномерным распределением скважин по контуру, взрывание производится через скважину. С целью защиты от воздействия взрыва угольного пласта контрольные скважины заглубляются до кровли, для подтверждения геологии, с последующей подсыпкой на 1,5 метра породой, а отбойка ведется поперечными или диагональными рядами с использованием щели в качестве дополнительной поверхности обнажения. Глубина скважин уменьшается по мере приближения к верхней бровке уступа, при этом перебуры скважин, попадающих в зону кровли пласта, исключены. В результате выработка приобретает проектную ширину и сохраняет её во времени.

По данным литературы, обрушения откосов уступов от воздействия массовых взрывов возможны при скорости сейсмических колебаний более 50 см/с. Такие скорости наблюдаются на расстоянии до 50 метров от взрыва и ближе. Следовательно, существует опасность вывалов в местах расположения пород с падением трещин внутрь выработки.

Для существующих коэффициентов сейсмичности и слагающих прибортовой массив пород, можно рассчитать предельное значение массы детонируемых одновременно взрывчатых веществ, при котором воздействие на откос уступа не будет иметь катастрофических последствий. Так для пород с коэффициентом крепости по Протодыяконову  $f = 5-7$  (алевролит среднезернистый (40%), песчаник ср.крупн./блочный (60%)), при коэффициенте сейсмичности  $K=500$ , ограниченная суммарная масса взрывааемых одновременно зарядов должна быть ограничена 1890 кг.

Изучение деформаций горных пород от сейсмического действия взрывов позволяет считать следующие параметры критериями качественной отстройки откоса: абсолютные смещения законтурного массива не более 3 мм; скорость колебаний пород – не выше 24 см/с; отсутствие заколов; получение поверхности со степенью неровности в пределах 15 – 20 см.

#### Библиографический список

1. Совмен В.К., Эквист Б.В., Вартанов В.Г. Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов на откосы уступов карьера // Горный журнал. – 2004. – № 3. – С. 61 - 63.
2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для вузов / А.М.Гальперин – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. – 473 с.



## РАЗВИТИЕ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В РАБОЧЕМ БОРТУ

Койнов Н.А., Матвеев А.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрены принципы и порядок развития оползневых процессов.

Ключевые слова: оползень, рабочий борт, карьер.

Признаки формирования оползня в рабочем борту ЗАО «Салек» (Разрез «Восточный», профиль -18+75 ÷ -19+75) были обнаружены маркшейдерско-геологической службой предприятия. Ширина закола составляла около 50 см, протяженность порядка 100 м, определение глубины на данном этапе не представлялось возможным. Опасная зона была поставлена на учет, организованы инструментальные маркшейдерские наблюдения.

Возникший оползень интенсивно развивался. На основе анализа результатов маркшейдерских наблюдений и наземной стереофотограмметрической съемки было установлено, что отдельные участки оползня смещались с различной по величине, но практически постоянной скоростью. В начальный период наблюдений, до середины февраля, наблюдалось возрастание скорости смещения оползня. В течение конца февраля, начала марта скорости смещения достигали 90-150 мм/сут.

Активно смещающийся оползень создал угрозу для безопасности ведения горных работ и расположенных поблизости коммуникаций. Возникла необходимость переноса трассы забойной автодороги и зумпфа водоотлива на новое место.

За сутки оползень был полностью оконтурен трещиной отрыва, оседание головной части достигло 5 - 7 м. Поверхность оказалась разрыхленной и покрытой трещинами, впадинами и провалами; участок превратился в аккумулятор всех атмосферных осадков, что дополнительно ухудшило механические характеристики породной смеси и способствовало активации смещения оползня.

Далее по установившемся ранее заколу произошло окончательное смещение и стабилизация массива породы. Параметры на конец формирования составили: объем 50 т.м<sup>3</sup>, ширина 10 м, протяженность 100 м, глубина 52 м, азимут падения 310<sup>0</sup>, простирания 220<sup>0</sup>. Выкопировка с плана горных работ и профиль борта представлены на рисунке 1.

Оценка развития, анализ результатов наблюдений и наземной съемки показал, что оползень смещался по сформированной поверхности скольжения и прошел наиболее опасную стадию своего развития, приуроченную к периоду разрушения пород в зоне поверхности скольжения и постепенного

уменьшения сопротивляемости пород сдвигу на поверхности скольжения до значений остаточной прочности. Смещение оползня на более пологую часть склона одновременно со снижением механических характеристик породной смеси и контакта массив пород – подошва оползня, привело к положительному изменению баланса сил в пользу повышения устойчивости. Скорости смещения в данном случае зависели от того, какой из процессов оказывал преобладающее влияние на изменение баланса сдвигающих и удерживающих сил, действующих на поверхности скольжения оползня.

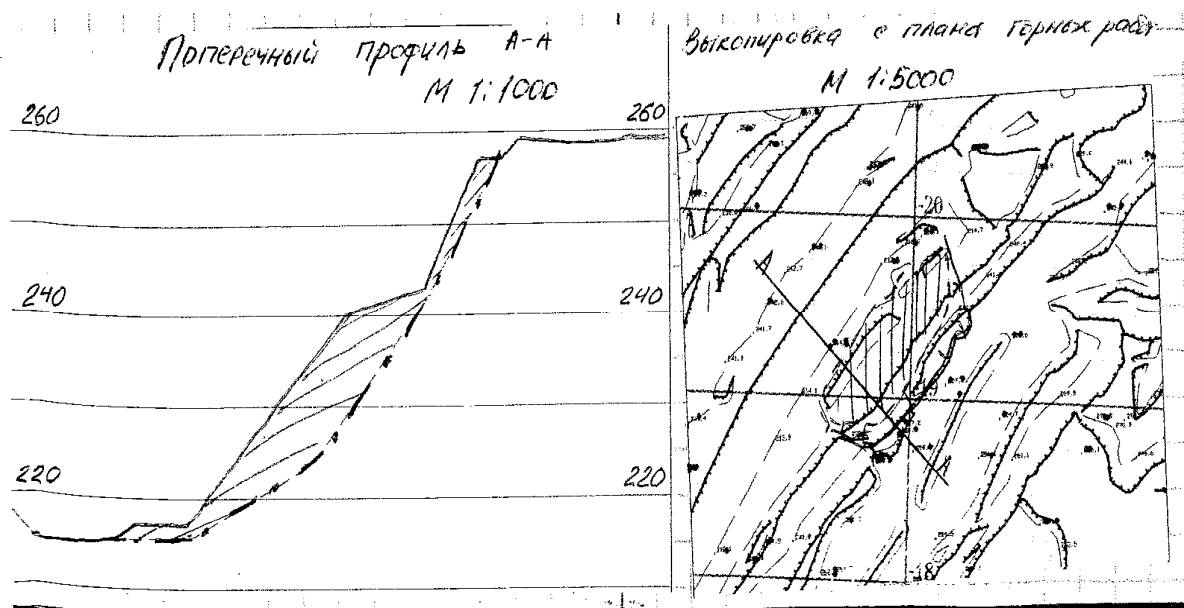


Рисунок 1 - Эскиз оползневых деформаций в рабочем борту



Рисунок 2 - Оползень в рабочем борту

В процессе ведения горных работ далее необходимо вести систематические визуальные наблюдения за устойчивостью бортов (уступов), а в случае появления признаков деформаций необходима организация проведения маркшейдерских наблюдений на деформирующихся участках.

При появлении трещин в приоткосной зоне должна быть определена причина их появления. Характерной особенностью развития опасных оползневых явлений в рабочем борту, является наличие диагональных трещин или геологии залегания пород, выходящих к верхней бровке и на откос уступа.

С учетом анализа оползневых явлений в бортах карьера и рассмотренного частного случая, для предотвращения деформаций, можно рекомендовать следующие мероприятия:

1. Ликвидация на верхней площадке уступа в полосе шириной не менее 100 м всех впадин, в которых могут скапливаться дождевые и талые воды.

Планировку площадок уступов производить так, чтобы обеспечить сток атмосферных вод, следить за тем, чтобы не происходила задержка воды на площадках, и создавался необходимый уклон для стока ее в водосборники;

2. Ведение геологической документации забоев, отмечая элементы залегания контактов слоев, трещин, тектонических нарушений, падающих в сторону откоса уступа, и регулярно вносить соответствующие коррективы в углы откосов этих уступов;

3. Проведение оборки откоса уступа экскаватором в процессе выемки породы для предотвращения отдельных вывалов и мелких осыпей;

4. Производить приемку забоев под высокими уступами комиссией в составе: заместитель директора по охране труда и технике безопасности, начальника отдела эксплуатации автобазы, начальника участка, участкового маркшейдера, главного геолога и бригадира (машиниста) экскаваторной бригады;

5. Организация на высоких уступах инструментальных наблюдений за состоянием откосов; в случае обнаружения признаков сдвига пород прекращение работ и вывод персонала и горного оборудования за пределы опасной зоны;

6. В процессе нарезки и отработки заходки, геологической и маркшейдерской службе разреза необходимо предварительно выявлять зоны геологических нарушений и действия других факторов, снижающих устойчивость откоса уступа и принимать меры к уменьшению угла откоса в этом районе работ.

#### Библиографический список

1. Мочалов Ф.М., Макаров Б.Л., Пустовойтова Т.К. Прогноз развития крупного оползня внешнего отвала скальных пород карьера «Медвежий ручей» // Горный журнал, № 12, 2004.- С. 60 - 64.

2. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для вузов / А.М.Гальперин – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.-473 с.

## **ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ЮЖНОГО КУЗБАССА**

**Бурова А.О., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

На основе результатов исследований и опыта разработки месторождений, выполнен анализ методов управления состоянием массивов грунтов и горных пород, происходящих в откосах и склонах под влиянием природно-техногенных факторов.

Ключевые слова: бестранспортная технология, разрез.

При разработке угольных пластов открытым способом значительный объем работ приходится на вскрытие месторождения. Вскрышные породы угольных разрезов Южного Кузбасса имеют осадочное происхождение и представлены в основном песчаниками, алевролитами, аргиллитами и конгломератами. Песчаники составляют около 50 % от общего объема углевмещающих пород, алевролиты - около 40 %. Песчаники, как правило, крупнозернистые с высоким содержанием кремнистых и карбонатных материалов, сильно выветрелые. Алевролиты имеют слоистую структуру и содержат до 50-70 % обломочного материала.

К структурным особенностям вскрышных пород разрезов Южного Кузбасса следует отнести наличие блочности, трещин, разнонаправленной слоистости, твердых включений.

Исследования физико-механических свойств пород Кузнецкого угольного бассейна показали, что плотность основных типов пород колеблется в пределах 2,3 - 2,6 т/м.куб., а прочность на сжатие изменяется в пределах 40-100 МПа.

Полученные показатели структурно-прочностных свойств пород и характер их распределения по площади угольного разреза используются для оценки сопротивляемости их при разрушении, устойчивости бортов разреза, откосов уступов и отвалов.

При определении устойчивых параметров откосов необходимо учитывать геологические, гидрологические и климатические факторы, неоднородность структурно-прочностных свойств приконтурного массива, факторы производственного характера.

Одним из существенных факторов, влияющих на устойчивость бортов разреза и откосов уступов, является снижение прочности горных пород за счет естественных воздействий (обводненность, выветривание, разупрочнение, набухание), а также за счет воздействий производственно-технического характера.

При этом, под управлением состоянием природных и техногенных массивов следует понимать совокупность мероприятий по поддержанию и пере-

воду уступов, бортов карьеров и отвалов в устойчивое, близкое к предельному и неустойчивое состояние путем изменения в процессе разработки формы и параметров откосов, регулирования продолжительности обнажения или направленного изменения физико-механических свойств пород, обеспечивающих применение экономичных и безопасных способов открытой разработки.

Как известно, критерием оценки состояния как природных, так и техногенных массивов, в общем случае, является коэффициент запаса устойчивости  $\eta$ . В наиболее общем виде, применительно к оценке устойчивости открытых горных выработок, величину  $\eta$  можно представить как отношение интегралов удерживающих и сдвигающих сил по предполагаемой линии (поверхности) скольжения. Коэффициент запаса устойчивости является функцией, зависящей сложным образом, по крайней мере, от следующих управляющих параметров: высоты (H) и угла откоса ( $\alpha$ ) массива, продолжительности обнажения (T); формы обнажения, которая может быть оценена соотношением показателей радиуса кривизны обнажения (R) к высоте откоса, физико-механических свойств горных пород ( $\gamma$  - плотность,  $\rho$  - угол внутреннего трения пород, C - сцепление в массиве,  $\sigma_{рс}$  - сопротивление пород растяжению и сжатию, E - модуль упругости,  $\nu$  - коэффициент Пуассона).

Таким образом, влияние технологического воздействия на массив посредством изменения геометрических параметров откосов, прочностных показателей пород и напряженного состояния массива может быть оценено по выражению:

$$\eta_{1,0} + \Delta\eta(\Delta\rho, \Delta C) + \Delta\eta(\Delta\alpha, \Delta H) + \Delta\eta(\Delta\sigma) = \eta' \quad (1)$$

где  $\Delta\eta$ ,  $\eta$  - показатели начального и конечного состояния массива, соответственно;  $\eta'$  - показатель, характеризующий требуемое состояние массива, достигаемое технологическим воздействием.

Очевидно, значение  $\eta'$  может быть меньше 1 при переводе массива в неустойчивое состояние, равняется 1 при управлении массивом в состоянии предельного равновесия и равняется нормативному значению коэффициента запаса устойчивости  $\eta$ , при переводе массива в устойчивое состояние. По близости значений  $\eta$  и  $\eta'$  возможно судить об эффективности данного технологического воздействия.

Такой обобщенно-формализованный подход оказался весьма продуктивным при разработке и геомеханическом обосновании новых ресурсоберегающих и нетрадиционных способов и технологий, открытой разработки месторождений.

Однако методы теории управления состоянием массивов горных пород могут быть использованы не только непосредственно для решения задач геомеханики, прогноза устойчивости и оптимизации параметров открытых

горных выработок, но и для более широкого круга задач.

Например: теоретически и экспериментально обосновано, что в приоткосной области массива грунта и горных пород при переходе от квазиустойчивого состояния к разрушению в основании вертикальной трещины массива возникает поверхность скольжения переменной кривизны зависящая от величины сцепления, угла внутреннего трения, плотности пород и других факторов.

Это позволяет более точно оценить состояние массива и спрогнозировать объемы возможных оползней, а также определить местоположения и формы потенциальных поверхностей сдвижения в массиве отработанного борта карьера. Цель проведения исследований состоит в определении границы оползнеопасной зоны.

Установлено, что вероятное сдвижение массива может осуществляться отдельными блоками четвертичных суглинков в границах оползнеопасной зоны. Сдвижение всего склона четвертичных отложений по контакту с неогенными породами возможно при полном обводнении приконтактной зоны.

Главной причиной постоянно действующего сдвижения четвертичных пород является их периодическое увлажнение атмосферными осадками. В этой связи наиболее реальным способом стабилизации массива является периодическое выполнение планировочных земляных работ с целью исключения попадания в массив атмосферных осадков, а также выколачивание образованных (в результате сдвижения) вертикальных откосов и тампонаж трещин отрыва.

Актуальность исследования определяется тем, что в непосредственной близости, на борту карьера, расположено оборудование для ведения горных работ, часть из которого может попасть в оползнеопасную зону.

Развитие исследований по данному направлению, в перспективе, может дать основу для создания в дальнейшем математических и вычислительных моделей поведения бортов карьеров, опирающихся на экспериментальные данные, что позволит более достоверно предвидеть развитие деформационных процессов. Это, в свою очередь, даст возможность повысить уровень безопасности ведения открытых горных работ и разработать мероприятия по борьбе с нежелательными деформационными процессами.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что методы управления состоянием массивов грунтов и горных пород, широко используемые в теории и практике ведения открытых горных работ для обоснования рациональных технологических решений, могут быть с успехом применены и для решения более широкого круга задач, в которых предметом изучения являются геодинамические процессы и явления, происходящие в откосах и склонах под влиянием природно-техногенных факторов.

#### Библиографический список

1. Галустьян Э.Л. Геомеханическое обоснование рациональных схем вскрытия и направления развития работ в карьерах / Э.Л. Галустьян, М.А. Сафронова // Горный журнал, № 12, 2001.– С. 20 – 24.

## ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

**Маршевский И.П., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В данной инструкции описываются основные действия по созданию цифровой модели рельефа (ЦМР) угольного разреза по имеющейся цифровой модели маркшейдерского плана, созданной по материалам аэрофотосъемки, а также основные маркшейдерские задачи, решаемые по ЦМР: построение профилей в трехмерном (3D) пространстве, планирование, расчет объемов.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, цифровая модель рельефа, карьер.

Для решения различных маркшейдерских задач, таких как, построение профилей, подсчет объемов вскрыши, планирование работ необходимо построить цифровую модель рельефа по имеющейся цифровой модели маркшейдерского плана, который создается по материалам аэрофотосъемки.

Цифровая модель маркшейдерского плана представляет собой трехмерную модель. То есть каждая точка модели имеет три координаты X, Y и Z. Однако между объектами цифровой модели определить координаты невозможно. Для этого нужно построить цифровую модель рельефа (ЦМР), т.е. вся поверхность описывается нерегулярной сеткой в виде треугольников – TIN. ЦМР дает возможность определять координаты в любой точке поверхности.

Первым этапом построения ЦМР необходимо отсканировать и оцифровать геологические материалы и подготовить их для создания ЦМР, т.е. удалить объекты, не отражающие характеристики рельефа, т.е. те объекты, которые создаются не по поверхности земли.

Следующим шагом нужно оцифровать профили (рисунок 1). Оцифровка производится вручную путем обведения элементов на отсканированном профиле.

После этого соединяем цифровую модель рельефа с получившимися профилями, границами участка с нанесенными разведочными профилями, выходами пластов под наносы, структурными нарушениями (рисунок 2).

Граница горного отвода наносится по координатам согласно условным знакам по горно-графической документации. Рекомендуется границу горного отвода создавать в файле отдельном от модели маркшейдерского плана. Также в этом файле можно занести профили и координатную сетку. И затем подключать данный файл как ссылку к файлу модели маркшейдерского плана. Перед тем как начать рисовку горного отвода, следует настроить параметры, т.е. сформировать условный знак границы горного отвода.

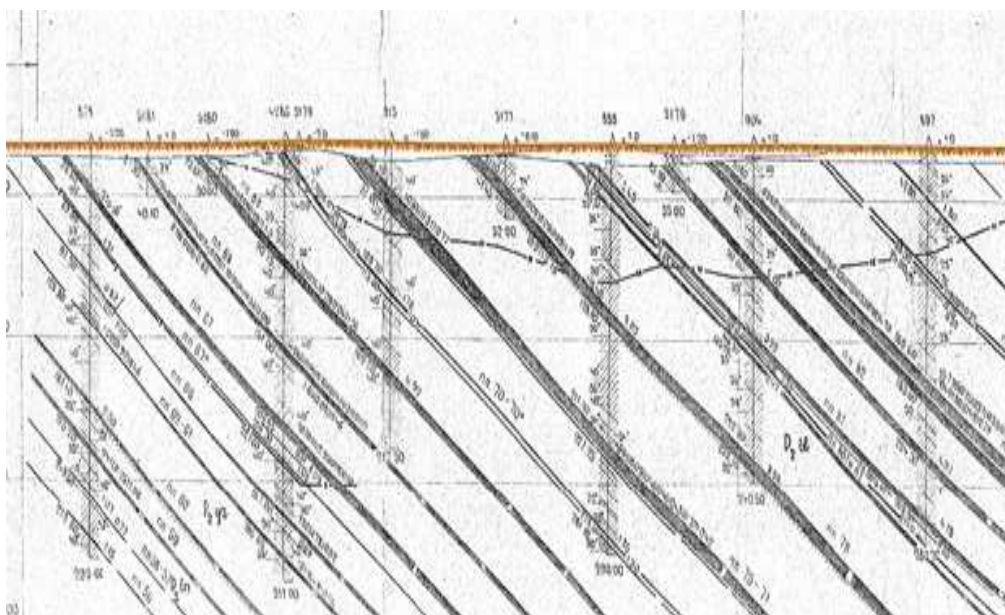


Рисунок 1 – Геологический профиль (архив 1957 год)

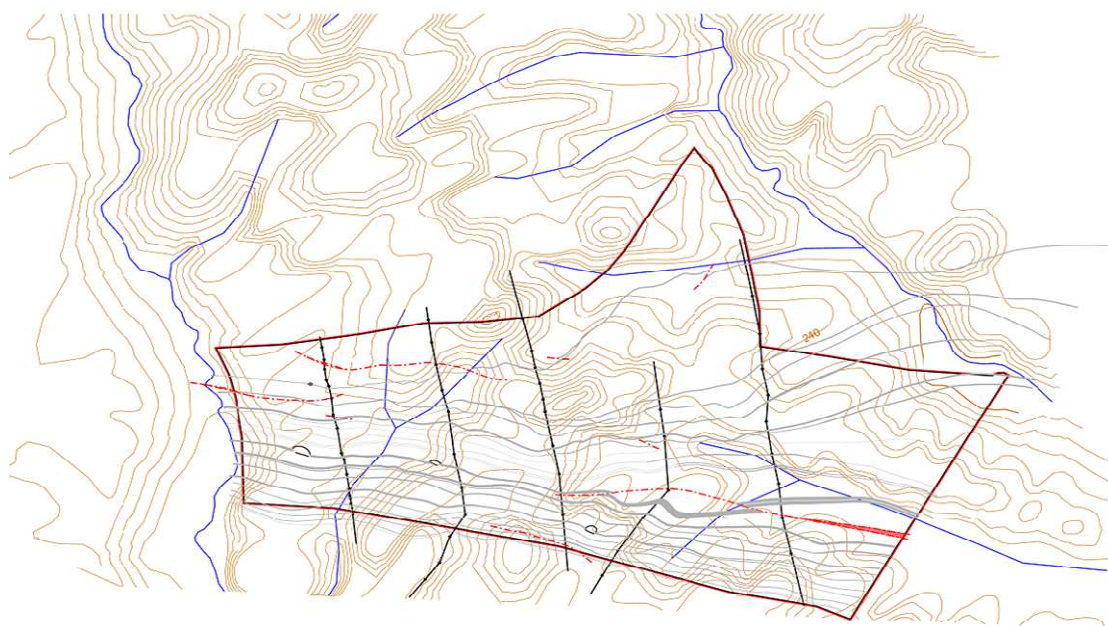


Рисунок 2 – границы участка с нанесенными разведочными профилями, выходами пластов под наносы, структурными нарушениями

Ортофотоплан это фотографическое изображение местности с внесенными поправками за рельеф (ортотрансформирование), т.е. это метрически точная карта, представленная в виде фотографического изображения, что увеличивает наглядность, упрощает читаемость карты, в тоже время, позволяя выполнять точные измерения по ней. Ортофотоплан в цифровом виде представляет собой растровое изображение.

Для того чтобы увидеть полностью сводно-совмещенный план, а не толь-



ко маркшейдерский план, нужно подключить геологию и координатную сетку (рисунок 3), на основании горно-геометрического анализа на профилях отстраивается графика отработки запасов по периодам горных работ (рисунок 4).

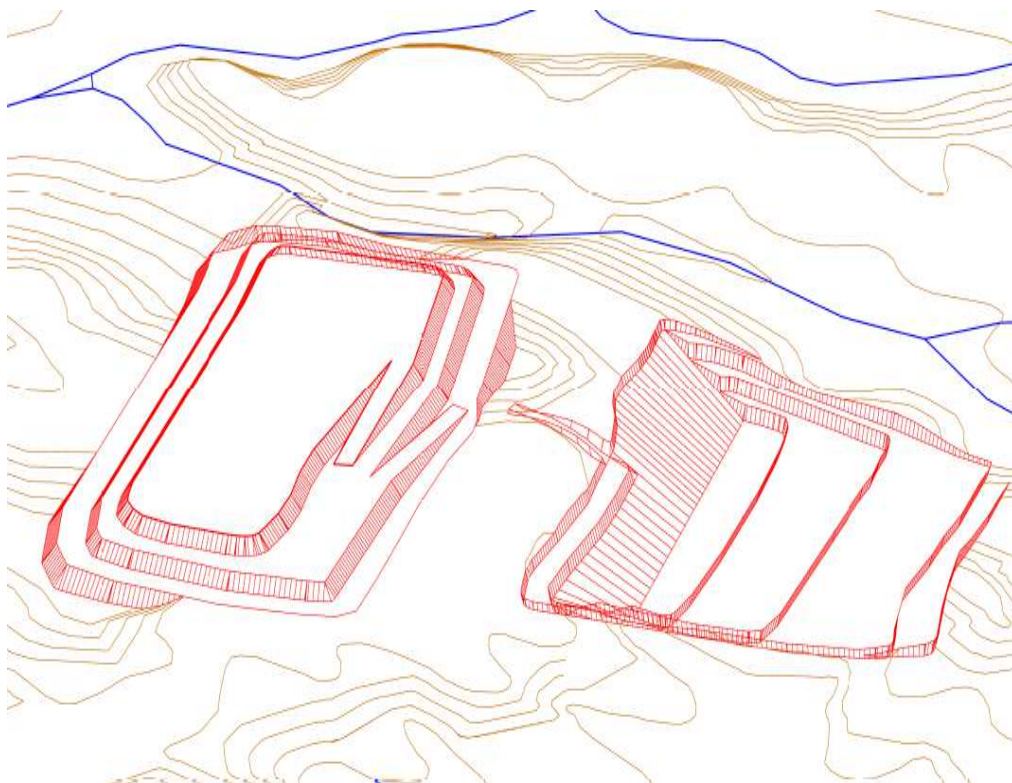


Рисунок 3 – 3D модель отработки участка

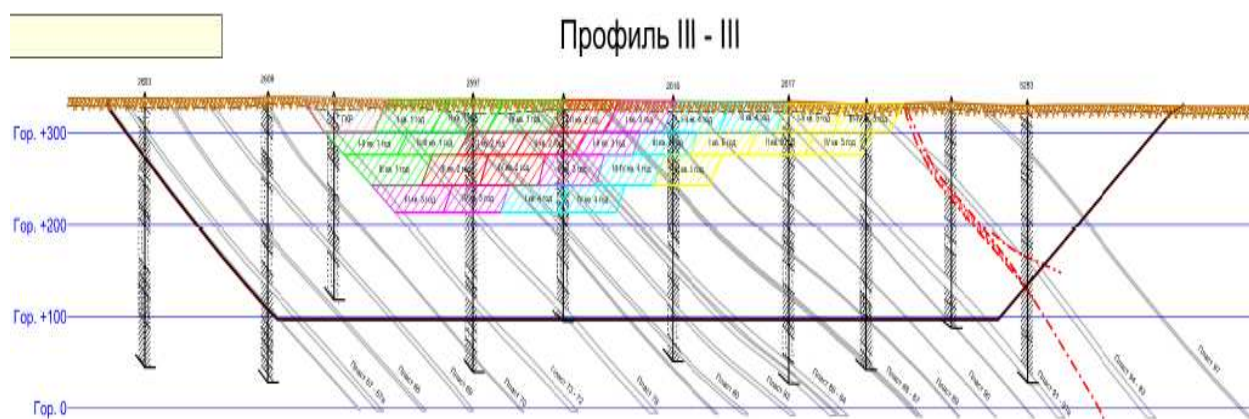


Рисунок 4 – Календарь отработки запасов участка

#### Библиографический список

1. Жук Д.М., Маничев В.Б., Краткое руководство по MicroStation. – 2000. 104.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ РАБОТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ**

**Койнов Н.А., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрен порядок разработки и согласования технологических карт работы гидравлических экскаваторов.

Ключевые слова: технологическая карта, гидравлический экскаватор, карьер.

Согласно правил безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ 05-619-03), пункт 48: Горные работы по проведению траншей, разработке уступов, отсыпке отвалов должны вестись с учетом инженерно-геологических условий и применяемого оборудования в соответствии с утвержденными техническим руководителем разреза локальными проектами производства работ (паспортами).

В паспорте указываются допустимые размеры рабочих площадок, берм, углов откоса, высоты уступа, призмы обрушения, расстояний от горного и транспортного оборудования до бровок уступа или отвала.

Срок действия паспорта устанавливается в зависимости от условий ведения горных работ. При изменении горно-геологических условий ведение горных работ должно быть приостановлено до пересмотра паспорта. Запрещается ведение горных работ без утвержденного паспорта, а также с отступлением от него.

Отраслевой стандарт. Технология открытой добычи угля (сланца). Формы и правила разработки документации на процессы экскавации и отвалообразования, дата введения 01.04.1989 (ОСТ 12.14.322-87). Настоящий стандарт распространяется на технологическую документацию, разрабатываемую на угольных и сланцевых разрезах при применении техники циклического и непрерывного действия. Стандарт устанавливает формы, содержание и правила разработки, согласования и утверждения технологической документации для процессов экскавации и отвалообразования при ведении вскрышных и добычных работ.

Основными технологическими документами ведения горных работ являются: технологическая карта (паспорт) работы экскаватора циклического действия. Технологические карты (паспорта) работы горного оборудования составляются на основании: проекта разработки; плана горных работ, каждая технологическая карта (паспорт) составляется с учетом горнотехнических и гидрогеологических особенностей забоя, применяемого оборудования и является основным документом, обеспечивающим безопасное и эффективное

ведение горных работ.

Требования безопасного ведения горных работ технологической карты (паспорта) должны соответствовать «Единым правилам безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом», инструкциям и другим нормативным документам. Срок действия технологической карты (паспорта) для постоянных условий ведения горных работ неограничен. При изменении условий ведения горных работ технологическая карта (паспорт) должна быть пересмотрена. Технологическая карта (паспорт) подготавливается в двух экземплярах, один из которых находится на экскаваторе, другой у начальника участка или технологической службы разреза.

Технологическая карта составляется для выполнения процессов экскавации, отвалообразования при ведении вскрышных, добычных работ для определения горно – геологических условий, содержит следующие разделы и пункты:

1. Общие данные:

- вид работ с указанием названия выполняемой операции (выемка вскрыши, добыча с погрузкой, погрузка, переэкскавация, зачистка, отвалообразование и др.)

- тип и номер экскаватора,

- вместимость ковша, м<sup>3</sup>,

- максимальный радиус черпания, м,

- максимальная высота (глубина) черпания, место нахождения экскаватора с указанием борта, горизонта и других данных.

2. Условия ведения горных работ

- мощность пласта, м,

- угол падения пласта, градус,

- высота уступа (яруса), м; при переменной высоте уступа (яруса) указываются интервалы высоты,

- ширина заходки, м, при переменной ширине заходки указываются интервалы изменения,

- ширина рабочей площадки, м,

- угол откоса уступа (яруса), градус,

- категория породы (угля, угля с прослойками породы) заполняется по данным геологической и маркшейдерской служб,

- расположение забоя относительно напластования породы

- содержание рабочих площадок, где указывается ширина берм, принимаемая в соответствии с планом горных работ, даются указания по планировке трасс под железнодорожные пути, автотракторные и пешеходные дороги, водоотводные канавки, определяется место и порядок складирования негабаритных кусков, навалов и др.

- заоткоска верхней части забоя и уступа на пройденной площадке, где даются указания по механизированной или ручной заоткоске,

- дополнительные показатели, где указываются элементы ведения горных работ, не предусмотренные пунктами раздела.

3. Нормативные показатели:

Раздел заполняется для добычных экскаваторов при установлении потерь, обеспечении контроля качества добываемого угля (горючих сланцев). Рекомендуемыми пунктами раздела являются: нормативные потери угля, %, зольность добываемого угля, %, содержание влаги, %, крупность добываемого угля, мм.

4. Организация работ. В разделе указывается последовательность выполнения отдельных видов горных работ и операций экскаватора, а также работающего вместе с ним горнотранспортного оборудования, указываются формы организации труда.

5. Расчетные показатели. Раздел заполняется при определении суточной производительности экскаватора, нормы выработки членов бригады при бригадной формы организации труда, количества оборудования и численности трудящихся, работающих в комплексе с экскаватором.

6. Графическая часть. В данном разделе на поперечном разрезе забоя и в плане представляется технологическая схема ведения экскаваторных работ.

Допускается графическую часть представить в виде выкопировки из плана горных работ и геологических разрезов, на которые наносятся схемы транспортных средств, осветительных точек, путей хождения, автотранспортных трасс, ЛЭП и контактной сети.

К графической части допускается прикладывать профиль трассы, схемы подключения фидеров и экскаваторов к пунктам питания, схемы загрузки транспорта.

В разделе даются пояснения к применяемым условным обозначениям.

7. Дополнительные требования, указания, рекомендации. Раздел предназначен для указания дополнительных мероприятий и разъяснений по безопасной отработке забоя, например, при спаренной работе экскаватора, отработке заповаренных, обводненных забоев, при работе в опасной зоне, для указаний по применению передового опыта новаторов, рекомендаций по экономии электроэнергии, материалов, рациональному использованию рабочего времени и др. Дополнительные требования, указания и рекомендации могут быть записаны в «Технологическую карту», при возникновении необходимости представителями горно – технической инспекции и лицам технического надзора непосредственно на рабочем месте машиниста экскаватора, предварительно согласовав их с главным инженером разреза. При этом запись должна быть удостоверена подписью записывающего с указанием даты и внесена во второй экземпляр «Технологической карты».

Технологическая карта (паспорт) согласовывается с главным технологом, главным маркшейдером, заместителем главного инженера по технике безопасности, утверждается главным инженером разреза.

#### Библиографический список

1. ОСТ 12.14.322-87.

## О РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА ГОД

**Бурова А.О., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрена методика рассмотрения планов развития горных работ на год.

Ключевые слова: план развития горных работ, документ, карьер.

Одним из основных документов, определяющих работы горного предприятия в течении года является план развития горных работ.

Под планом развития горных работ понимается документ, определяющий направления развития горных работ и отражающий динамику производственного процесса, условия и технологические решения при эксплуатации производств и объектов, связанных с использованием недр, первичной переработкой (подготовкой) минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), объемы добычи и потерь полезных ископаемых, производства геологоразведочных, вскрышных, подготовительных, рекультивационных, геологических, маркшейдерских и иных работ, а также мероприятия (производственные программы, планы и т.п.) в области промышленной безопасности, по безопасному ведению работ, связанных с использованием недр, обеспечению мер охраны населения, окружающей среды, зданий, сооружений, природных объектов от вредного влияния горных разработок на предстоящий период.

Рассмотрение и согласование планов развития горных работ на год (далее ПРГР), предприятиям, осуществляющим добычу полезных ископаемых открытым способом, объектам первичной переработки минерального сырья (при наличии перерабатывающих производств), а также проводящим геологоразведочные работы, связанные с использованием недр, проводится с учетом Федерального закона от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Порядок установлен в соответствии с Законом Российской Федерации от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах», и требованиями Инструкции по согласованию годовых планов развития горных работ, (РД-07-330-99).

ПРГР составляется сроком на 1 год, подписывается техническим руководителем, главным маркшейдером, главным геологом и утверждается пользователем недр, подписи скрепляются печатью пользователя недр.

ПРГР состоит из пояснительной записки с табличными материалами, графической части.

Для согласования ПРГР, пользователь недр за 15 дней до назначенной в графике даты рассмотрения подает в территориальный орган Федеральной

службы по экологическому, технологическому и атомному надзору заявление и План развития горных работ (пояснительная записка с табличными материалами, графическая часть) в бумажном и электронном виде.

При подготовке к рассмотрению планов развития горных работ обращается внимание на следующие требования к порядку подготовки, содержанию и оформлению пояснительной записки с табличными материалами, графической части по ведению горных работ:

1. Наличие письменного Отчета, утвержденного руководителем предприятия, о фактическом выполнении работ, предусмотренных Протоколом технического совещания по рассмотрению и согласованию плана развития горных работ за предшествующий период, в том числе по объемам добычи, вскрыши, рекультивации, геологоразведочных работ.

2. Выполнение объемов вскрышных, добычных, рекультивационных работ, предусмотренных лицензионными соглашениями, проектами.

3. Наличие деклараций промышленной безопасности.

4. Обеспечение при формировании отвалов вскрышных пород проведение инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на площадях размещаемых отвалов.

5. Наличие заключения геомеханической экспертизы по обоснованию параметров устойчивости бортов, уступов и отвалов разреза.

6. Предоставление информации о выполнении объемов вскрышных работ и Программы по ликвидации отставания (при ее наличии), в сравнении с действующим Проектом.

7. Предоставление информации по привлеченным организациям, выполняющим работы по договору подряда на опасных производственных объектах предприятия (недропользователя), в соответствии с требованиями Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ, Федерального закона «О недрах» № 2395-1.

По производственному контролю:

1. Наличие свидетельства о регистрации ОПО, карт учета ОПО в государственном реестре опасных производственных объектов.

2. Наличие полиса обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта за вред в результате аварии на опасном объекте.

3. Наличие договора на обслуживание с профессиональными аварийно-спасательными службами (формированиями) на следующий год.

4. Наличие Плана ликвидации аварий.

5. Наличие плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах.

6. Создание и функционирование Системы управления промышленной безопасностью (СУПБ) на ОПО 1, 2 класса опасности. Наличие Положения о СУПБ, Положения о Производственном Контроле.

7. Повышение квалификации ИТР, рабочих предприятия на год. Отчет за предыдущий год.

8. Сведения об аттестации в области промышленной безопасности ИТР предприятия. Отчет за год, график на следующий год.

9. Наличие технического паспорта предприятия на год – на электронном носителе, с указанием юридического и почтового адресов предприятия; телефонов руководителей и главных специалистов, в том числе № сотовых телефонов; диспетчера (круглосуточной службы), указанием электронного адреса предприятия, перечня лицензий на виды деятельности, на недра; перечня опасных производственных объектов (с указанием класса опасности); проектной документации; применяемого горно-транспортного оборудования и электроустановок; количества трудящихся на предприятии, отдельно занятых на ОПО и т.д.

Основаниями для принятия решения об отказе в согласовании ПРГР являются:

1. Не соблюдение условий и требований, установленных нормативными правовыми актами Российской Федерации и регламентирующих осуществление работ, связанных с пользованием недрами; в том числе, способствующие возникновению непосредственной угрозы жизни и здоровью людей, безопасности объектов, расположенных в зоне вредного влияния предстоящих горных работ.

2. Отсутствие геологического или маркшейдерского обеспечения горных работ, необходимых для достоверного учета параметров горных разработок и прогнозирования опасных ситуаций, установленной геологической и маркшейдерской документации.

3. Планирование развития работ, связанных с пользованием недрами, за пределами уточнённых границ горного отвода.

4. Несоответствие ПРГР установленным требованиям по их составу, содержанию и оформлению.

5. Отсутствие обоснования условий безопасного недропользования или отрицательная оценка данного обоснования в случаях изменения геологических, гидрогеологических, горнотехнических и иных условий пользования недрами от предусмотренных в техническом проекте на выполнение работ, связанных с пользованием недрами.

#### Библиографический список

1. Инструкция по согласованию годовых планов развития горных работ (РД 07-330-99).

2. Закон Российской Федерации «О недрах» в редакции Федерального закона от 03.03.95 №27-ФЗ.

## **О ПОРЯДКЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ПУТЕВЫХ ЛИСТОВ ГОРНО- ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Маршевский И.П., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрена стандартизация и оценка рисков производственных процессов, как ключевая задача развития предприятия.

Ключевые слова: риски, ответственность, карьер.

Происходящее в настоящее время активное сырьевое развитие горнодобывающих отраслей России привело по многим видам полезных ископаемых к почти полному исчерпанию ранее созданного резерва разведанных месторождений. В результате этого собственники горного бизнеса вынуждены приобретать право пользования недрами месторождений и участков, находящихся на самых ранних стадиях геологического изучения, т. е. действовать в условиях высокой неопределенности принимаемых решений.

Подавляющее большинство управленческих решений принимается в условиях неполноты информации об объекте управления и о характере его взаимодействия с иными объектами хозяйственной системы. В результате этого поставленные цели часто не могут быть реализованы в ожидаемом объеме или вообще не достигаются. Мера опасности, характеризующая возможность не достигнуть поставленной цели и тяжесть возникающих последствий, именуется риском.

Обычно риски группируются по уровню значимости (стратегические, финансовые, операционные), а также по причинам возникновения (политические, кредитные, технологические и т. д.).

Необходимость крупных капиталовложений в горную промышленность и повышенный риск этих вложений требуют проведения оценки уровня риска организации недропользования не только от собственников горного бизнеса, но и от сторонних инвестиционных, лизинговых и страховых компаний. Недооценка данного вопроса может привести к крупным техническим просчетам и финансовым потерям. Особое значение при этом имеет не только действие чисто технических факторов, но и сознательно осуществляемые криминальные действия.

Широкий резонанс в России, как и во всем мире, получила, например, история с золотомедным месторождением Бусанг в Индонезии, которую многие считают крупнейшей аферой XX века. После заявления в 1995 году канадской венчурной компанией Bre-X Minerals об открытии на острове Борнео объекта с запасами золота порядка 2000 т капитализация акций этой компании достигла 6 млрд. долларов США. Подозрения в достоверности



геологической информации по Бусангу возникли у экспертов американской корпорации Freeport McMoren Cooper & Gold, подписавшей с Bre-X Minerals контракт о совместной разработке месторождения. В 1997 году при составлении техникоэкономического обоснования эксплуатации месторождения независимой компанией Strathcona Mineral Sendees Ltd. (Канада) были выявлены факты недостоверности геологических данных (в том числе факты подлога вплоть до вымачивания керна скважин в золотосодержащем растворе), что привело к катастрофическому падению акций Bre-X Minerals. Потери обманутых акционеров оцениваются в 1,5 млрд. долларов.

Следует отметить, что «пионером» в области подобных афер являлся русский предприниматель И. Г. Рыков, создавший в 1883 году акционерное общество Скопинских угольных копей Московского бассейна. Этим обществом были выпущены акции на 2 млн. руб., которые активно продавались на бирже и использовались, по согласованию с министром финансов Российской Империи М. Х. Рейтерном, в качестве залога за акцизные марки на алкоголь.

Риск, сопряженный с ведением горнодобывающего бизнеса (горный риск), можно условно разделить на следующие основные группы:

- геологический риск, определяемый точностью оценок условий залегания тел полезных ископаемых, их качества и запасов в пределах вновь осваиваемых месторождений и горизонтов;

- правовой, обусловленный проблемами, связанными с выполнением действующих законодательных требований и с возможностью устранения имеющихся нарушений действующих лицензионных соглашений:

- инвестиционный, связанный с правильностью оценки необходимых инвестиционных затрат на достижение объемов добычи до заявленного уровня:

- операционный, обусловленный возможностью достижения и сохранения требуемых экономических параметров (себестоимость, объемы добычи) при разработке новых участков.

Существуют простые и наглядные методы, доступные и неспециалистам, которые помогают хотя бы и грубо оценить риски при развитии стратегических направлений бизнеса, крупных инвестиционных планов и т. п. Это можно сделать при помощи построения так называемой карты рисков.

Карта риска - графическое и текстовое описание ограниченного числа рисков организации, расположенных в прямоугольной таблице, по одной «оси» которой указана сила воздействия или значимость риска, а по другой - вероятность или частота его возникновения. Причем каждому сочетанию «вероятность - значимость» приписывается один вид риска. Такая классификация, размещающая каждый риск в специфическую отдельную «ячейку», не является обязательной, но упрощает процесс установкиприоритетов, показывая положение каждого риска относительно других.

К факторам риска (или собственно риску) относится некоторое возможное событие, способное негативно изменить результаты реализуемого процесса. Вероятность наступления риска и величина потерь могут оцениваться количественно (в долях единицы и в рублях) или качественно. Часто

используется понятие «значимость риска», которое оценивается путем перемножения вероятности наступления неблагоприятного события на финансовый ущерб, возникающий при его наступлении.

К факторам риска (или собственно риску) относится некоторое возможное событие, способное негативно изменить результаты реализуемого процесса. Вероятность наступления риска и величина потерь могут оцениваться количественно (в долях единицы и в рублях) или качественно. Часто используется понятие «значимость риска», которое оценивается путем перемножения вероятности наступления неблагоприятного события на финансовый ущерб, возникающий при его наступлении.

С точки зрения технологии управления риском, построением карты рисков процесс управления не завершается, а только начинается. Для рисков, расположенных выше границы толерантности, необходимо разработать планы действий по уменьшению величины потерь при их проявлении или вероятности их наступления.

Необходимо также определить целевые показатели и меру оценки успеха в управлении риском, даты достижения целевых показателей и назначить ответственных. Цель плана действий в данном случае состоит в том, чтобы понять, как переместить каждый «невыносимый» в «терпимую зону». Следует заметить, что необходимо соотносить затраты на такое перемещение рисков с выгодами от такого перемещения, а также учитывать, что сильное снижение рисков компании может привести и к потере ею большей части доходности.

Степень необходимой при анализе детализации специфична для каждого риска, изменяется от одного риска к другому и зависит в основном от целей, которые преследует организация.

#### Библиографический список

1. Баскаков В.П., Макаров А.М. Стандартизация производственных процессов-путь к достижению баланса интересов и ответственности персонала угольной компании, Уголь, 2009.- С. 50 - 53.

УДК 622.277

## **СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ**

**Койнов Н.А., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрены экономические показатели работы горного оборудования на примере гидравлических экскаваторов различных производителей.

Ключевые слова: экскаватор, топливо, характеристики, карьер.

Экономическое благополучие России в значительной степени определяется состоянием топливно-энергетического комплекса. Необходимость перехода от «газовой» к «угольной» энергетике предполагает рост добычи угля. В настоящее время в угольной промышленности происходят позитивные процессы, связанные с достигнутыми результатами проводимых инвестиций в развитие угольной промышленности России, которые, согласно проекту долгосрочной программы на период до 2030 года, могут составить около 2,75 трлн. рублей.

Фактически рост себестоимости выполняемых работ на карьерах Кузбасса опережает темпы инфляции. Так, в 2013 г. себестоимость выполняемых работ возросла на 21%, в 2014 г. – на 25,6% при темпах инфляции порядка 8-10%. Структура производственных издержек формируется по остаточному принципу финансирования, когда средства в первую очередь расходуются на обеспечение текущих потребностей производства. Поэтому остается высокой доля материальных затрат, возросшая за период 2012-2014 г. с 44 до 48%. Расходы на оплату труда сохраняются на уровне 22-23%. Доля амортизации сократилась за рассматриваемый период с 9 до 7% и не прекращает снижаться, что свидетельствует о старении основных фондов. Следует отметить, что стоимость на пример приобретения эксплуатируемых автосамосвалов БелАЗ 7555В возросла с 16 млн. рублей в 2013 году до 20,5 млн. рублей в 2014 году.

Колебания на валютном рынке также негативно сказались на экономических показателях предприятия. Уровень цен на ГСМ и запчасти жестко привязан к курсу доллара. Так, например, стоимость ГСМ за последние три месяца поднялась в среднем на 10 - 15%, стоимость запчастей на 8 - 10%, соответственно увеличилась финансовая нагрузка на содержание гаражного хозяйства, а увеличение зарплат персонала за последние три-четыре года не производилась ни разу. Сохранения стоимости тарифов угля на прежнем уровне приведет к увеличению количества простоев горнотранспортного и вспомогательного оборудования в связи с увеличением отчислений и планомерной просрочкой платежей на ГСМ и запчасти, что приведет к заметному уменьшению объема грузоперевозок. Эти и многие другие факторы в совокупности, привели к крайне тяжелому финансовому положению, в связи с чем одним из действенных факторов экономии средств может являться рациональный выбор экскаваторного парка, а следовательно при выполнении одних и тех же объемов горных работ экономия на ГСМ.

В данной статье мы сравним характеристики двух горных машин, имеющих очень широкое распространение на разрезах.

Таблица 1 – Технические характеристики

Модель	Volvo EC480D	Hyundai R520LC-9S
Двигатель	Volvo D13	Cummins QSM11-C
Рабочий объем двигателя	12 800 см <sup>2</sup>	10 800 см <sup>2</sup>

Окончание таблицы 1

Модель	Volvo EC480D	Hyundai R520LC-9S
Крутящий момент	183,5 кгсм при 1400 об/мин	182,5 кгсм при 1300 об/мин
Мощность SAEJ1349	348 л.с при 1800 об/мин	320 л.с при 1900 об/мин
Гидравлическая система		
Макс. производительность	2 x 358 л /мин	2 X 380 л /мин
Эксплуатационная масса, кг		
Стрела	7 000	7 000
Рукоять	3 350	3 380
Противовес	9 750	10 200
Тройные грунт зацепы 600 мм	49 700	51 000
Объём ковша	2,87 м <sup>3</sup> плотность материала 1,8 т/ м <sup>3</sup>	3,2 м <sup>3</sup> (согласно данным не рекомендуется устанавливать ковш данного объёма, это приведет к повышенной нагрузке на узлы экскаватора)

Согласно заводским данным:

1. Объём двигателя Volvo EC480D на 18% больше чем Hyundai R520LC-9S, что свидетельствует о меньшей форсированности двигателя Volvo. При меньшей форсированности ДВС при равных условиях эксплуатации наработка до отказа будет больше.

2. Ковш объёмом 3,2 м<sup>3</sup> не рекомендуется устанавливать на экскаватор R520LC-9S с рукоятью 7 м и стрелой 3,38 м. Установка данного ковша приведет к повышенной нагрузке на узлы экскаватора и увеличению расхода топлива. Согласно заводским данным на экскаватор Hyundai R520LC-9S рекомендуется устанавливать ковш объёмом 2,8 м<sup>3</sup> для плотности материала 1,1 т/ м<sup>3</sup> либо 2,15 м<sup>3</sup> для плотности материала 1,6 т/ м<sup>3</sup>. Использование ковша 3,2 м<sup>3</sup> на плотности материала 1,6 т/ м<sup>3</sup> увеличит нагрузку на экскаватор на 48 %. На экскаватор Volvo устанавливается ковш 2,8 м<sup>3</sup> для плотности материала 1,8 т/ м<sup>3</sup>, что на 30% больше, чем ковш, рекомендованный для установки на экскаватор Hyundai R520LC-9S для плотности материала 1,6 т/ м<sup>3</sup>

Таблица 2 - Сравнение производительности экскаваторов при равных условиях эксплуатации

Модель	Volvo EC480D	Hyundai R520LC-9S
V ковша, м <sup>3</sup>	2,8	3,2
Самосвал 45 тонн, м <sup>3</sup>	27	27
кол-во ковшей	10	8

Окончание таблицы 2

Модель	Volvo EC480D	Hyundai R520LC-9S
среднее время цикла, сек	19,3	28,56
средняя скорость самосвала, км/ч	20	20
среднее плечо, км	1,5	1,5
среднее расстояние, км	3	3
Время загрузки, час	0,05	0,07
Время движения, час	0,15	0,15
Время постановки, загрузка/выгрузка, час	0,03	0,03
Время рейса	0,2350	0,2503
Экономия времени, час	0,0152	- 0,0152
Экономия времени, %	6,48	- 6,09
Рабочая смена, час	11	11
Кол-во рабочих дней в месяц	30	30
Количество смен в сутки	2	2
Коэффициент использования времени	0,75	0,75
Итого рабочее время в месяц, ч	495	495
Итого кол-во рейсов в месяц, шт	2106	1978
Разница в кол-ве рейсов	128	-128
производительность, м <sup>3</sup> / мес	56865	53402
плотность угля, т/м <sup>3</sup>	2	2
производительность, тонн/ мес	113730	106804
Разница в производительности, тонн/мес	6926	

При условии погрузки с уровня земли при повороте на 180 градусов, расчете цикла учтен коэффициент проникновения ковша, также внесен коэффициент на время цикла экскаватора R520LC-9S поскольку при использовании ковша 3,2 нагрузка на машину увеличивается на 48% при этом снижается производительность.

По результатам опытных испытаний, анализа расхода ГСМ на предприятиях, эксплуатирующих данный вид оборудования установлено, что при выполнении месячного объема при равных условиях эксплуатации, экономия по статье дизельное топливо составила порядка 3 тысяч литров, а это в современных ценах начала 2015 года около 100 тысяч рублей.

Библиографический список

1. Сервисные карты гидравлических экскаваторов.
2. Электронные ресурсы/ Режим доступа: [www.ferronordic.ru](http://www.ferronordic.ru).

## ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ СКВАЖИННЫХ ЗАТВОРОВ

Клименко А.В., Матвеев А.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

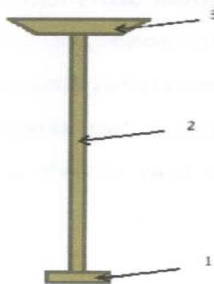
В статье рассмотрены испытания новой конструкции скважинных затворов для улучшения характеристик массового взрыва.

Ключевые слова: скважинные затворы, взрывные работы, карьер.

Объектом испытаний является скважинный затвор для образования воздушной подушки в донной части взрываемой скважины.

Целью испытаний является снижение затрат на подготовку 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы без ухудшения качества подготовки ВГМ; снижение удельного расхода ВВ на 1 м<sup>3</sup> горной массы до 9% за счет образования воздушного промежутка в донной части скважины; исключение формирования донного заряда из водоустойчивых ВВ в слабообводнённых (до 1 метра воды) скважинах; улучшение качества проработки подошвы уступа за счёт действия двойной ударной волны в донной части скважины; увеличения выхода горной массы с 1 погонного метра скважины за счёт проработки подошвы уступа на глубину бурения скважины и исключения необходимости бурения недобура.

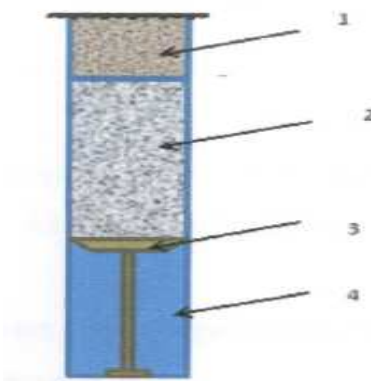
Скважинные затворы предназначены к использованию во взрывных скважинах для формирования воздушных промежутков в зарядах промышленных ВВ. Скважинный затвор состоит из полимерного конуса с эластичной боковой оболочкой и отверстием для ввода центральной трубы (штанги) из жёсткого полимера. Центральная труба и полимерный конус выполнены разъёмными. По поверхности полимерного конуса выполнены специальные прорезы, надрезающие поверхность конуса на отдельные сегменты (лепестки), благодаря которым поверхность конуса может частично складываться при его опускании в скважину, а затем распрямляться под действием силы тяжести столба заряда ВВ.



1 - опора (пятка); 2 - штанга необходимой длины (штанга наборная, кратная 1 метру); 3 - полимерный конус

Рисунок 1 – Конструкция скважинного затвора

Заряд ВВ с помощью скважинного затвора формируется следующим образом: в нижнюю часть скважины опускают скважинный затвор необходимой длины (4). Затем формируется заряд ВВ (2) и выполняется забойка (1). В результате, в донной части скважины образуется воздушная подушка (4), которая способствует значительному снижению величины первоначального пикового давления продуктов взрыва (ПВ), скорости движения забойки и увеличению продолжительности действия ПВ на стенки скважины.



1 - забойка; 2 - заряд ВВ; 3 - скважинный затвор; 4 - воздушная подушка

Рисунок 2 – Конструкция скважинного заряда

Благодаря снижению величины первоначального пикового давления продуктов взрыва, скорости движения забойки и увеличению продолжительности действия ПВ на стенки скважины происходит направленное перемещение взорванной горной массы в выработанное пространство без подъёма её вверх, снижение выбросов газов и пыли из устья скважины, уменьшается опасность поражения разлётом кусков горной массы, снижается удельный расход ВВ. Кроме того, в зарядах с воздушной подушкой действие двойной ударной волны в нижней части скважины создаёт благоприятные условия для лучшего отрыва по подошве уступа, обеспечивается качественная проработка при завышенном сопротивлении по подошве.

При проведении испытаний необходимо руководствоваться требованиями «Единых правил безопасности при взрывных работах».

Во время испытаний скважинных затворов проводится сравнительный анализ результатов массовых взрывов по отношению к взрывам без применения скважинных затворов.

Эффективность работы скважинных затворов определяется: снижением удельного расхода ВВ по отношению к аналогичным взрывам без применения скважинных затворов; выполнением плановой производительности по погрузке горной массы экскаваторного оборудования; полнотой отработки блоков по проектным отметкам (без учёта перебура); увеличением выхода горной массы с 1 погонного метра скважины по отношению к результатам аналогичных взрывов без применения скважинных затворов.

При получении в процессе испытаний некачественной проработки горной массы взрывом, испытания необходимо прекратить до выяснения

причин их вызвавших. Для исключения опасных ситуаций при применении скважинных затворов в производственных условиях необходимо соблюдать меры безопасности, предусмотренные «Едиными правилами безопасности при взрывных работах». Запрещается применять скважинные затворы с повреждением штанги и непосредственно, самого затвора. Повреждённые затворы должны быть уничтожены.

Таблица 1 - Анализ результатов проведения взрывных работ и отработки блока под экскаватором Liebherr 9250 15 м<sup>3</sup>

Показатели	С применением скважинных затворов	Расчётные параметры без применения скважинных затворов
Объём блока, т.м <sup>3</sup> .	137,0	127,0
Крепость пород, м	6,5	6,5
Удельный расход ВВ, кг/м <sup>3</sup> .	0,406	0,466
Глубина скважин, м.	9-16	9-16
Сетка скважин, м.	6х6; 6х7	6х6; 6х7
Выход горной массы, м <sup>3</sup> /п.м.	40,0	37,1
Количество воды в скважинах, м.	0 - 10	0 - 10
Длина заряда, м.	3 - 10	4,5 – 10,5
Длина забойки, м.	3	5,5
Длина воздушной подушки, м	2	-
Количество скважин, шт.	258	258
Количество скважинных затворов, шт.	239	-
Применяемое ВВ:		
Нитронит Э70, кг	8042	8453
Гранулит РП-1, кг	46845	49945
Промежуточный детонатор:		
Шашка ПТ-П750, кг	22,5	22,5
Аммонит БЖВ д. 90, кг	723,0	723
Система инициирования.	«Коршун»	«Коршун»
Интервал замедления, мс.	42 х 67	42 х 67

Блок отработан в полном объёме по проектным отметкам подошвы уступа. При отработке блока, трудностей по погрузке горной массы экскаватором Liebherr 9250 не возникало, среднесуточная производительность экскаватора выполнялась. Оценка подготовки взорванной горной массы – удовлетворительно.

#### Библиографический список

1. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01)



## ТЕХНОЛОГИЯ ЗАМЕНЫ ГРУНТА В ЗАБОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

**Койнов Н.А., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрена технология замены грунта в глиняных забоях гидравлических экскаваторов.

Ключевые слова: приямок, замена грунта, гидравлический экскаватор, карьер.

Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ 05-619-03) раздел 5.2. Одноковшовые экскаваторы, пункт 227: В случае угрозы обрушения или оползания уступа во время работы экскаватора или при обнаружении отказавших зарядов ВМ машинист экскаватора обязан прекратить работу, отвести экскаватор в безопасное место и поставить в известность технического руководителя смены. Для вывода экскаватора из забоя необходимо всегда иметь свободный проход. Негабаритные куски горной массы должны укладываться устойчиво в один слой, не создавая препятствий для перемещения горно-транспортного оборудования на площадке. При работе экскаватора на грунтах, не выдерживающих давления гусениц, должны осуществляться специальные меры, отражаемые в паспорте забоя, обеспечивающие его устойчивое положение, а именно технология замены грунта в забое, позволяющая продолжать эксплуатацию техники в условиях работы с глиной.

В период с 2001 по 2010 годы танк Т-90 стал самым продаваемым на мировом рынке, боевая масса 46,5 тонн. Карьерные самосвалы БелАЗ 7555 предназначены для транспортирования горной массы в разрыхлённом состоянии по технологическим дорогам на открытых разработках полезных ископаемых. Эксплуатационная масса 40,5 тонн (стандартная комплектация), грузоподъемность 55 тонн.

Полная масса БелАЗ 7555 = 40,5 + 55 = 95,5 тонн

Грунтовая дорога не выдерживает давления танка массой 46,5 тонн:



Рисунок 1 - Танк, массой 46,5 тонн не в состоянии самостоятельно выбраться из «грязевого плена»

Так работает автотранспорт большинства предприятий Кузбасса на слабых грунтах, следовательно, отсутствие производительности, простой оборудования, увеличение расхода топлива, износ трансмиссии и поломки.



Рисунок 2 - «Засел» Эксплуатационная масса 40,5 тонн (стандартная комплектация, без груза)



Рисунок 3 - Спасательная операция

Горный инженер, производитель не должен ломать автосамосвалы, «топить» их в земле, терять время на эвакуацию их из «просадок». Карьерные машины должны эффективно работать и приносить прибыль, для этого создаются условия, предусмотренные Технологической картой (паспортом забоя).



Рисунок 4 - Грузеный самосвал: Полная масса = 40,5 + 55 = 95,5 тонн



Рисунок 5 - Фотографии забоя

А - А

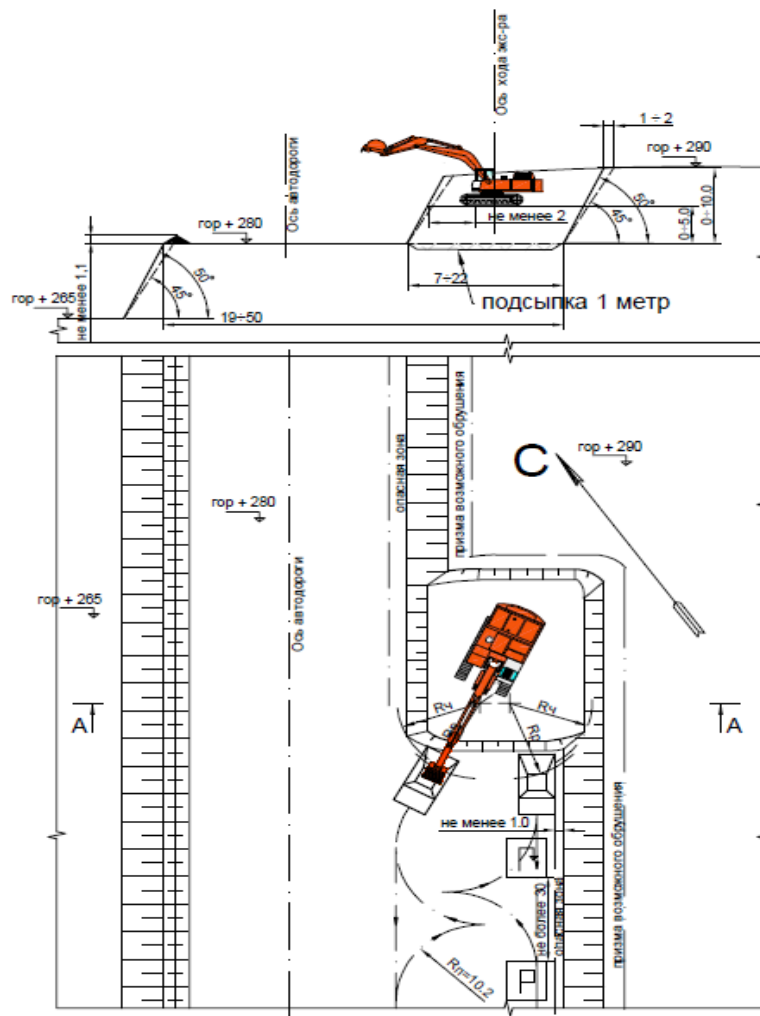


Рисунок 6 - Графическая часть технологической карты (паспорта)

### Библиографический список

1. ОСТ 12.14.322-87.
2. Электронные ресурсы/ Режим доступа: [army.lv/ru/t-90/harakteristiki](http://army.lv/ru/t-90/harakteristiki).
3. Электронные ресурсы/ Режим доступа: [www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks/7555](http://www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks/7555).

## **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОРТОВ В КОРЕННЫХ ПОРОДАХ ПРИ БЕСТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ В РАЙОНАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ЕСТЕСТВЕННЫМ ВОДОТОКАМ**

**Клименко А.В., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

На основе результатов исследований и опыта разработки месторождений, в зонах, прилегающих к естественным водотокам выполнен анализ параметров для обеспечения устойчивости бортов в коренных породах при бестранспортной технологии ведения вскрышных работ.

Ключевые слова: бестранспортная технология, разрез.

Отработка месторождений полезных ископаемых открытым способом доказывает необходимость двух или более стадийного проектирования параметров бортов карьеров. При этом на первой стадии производится прогнозная (предварительная) оценка устойчивости проектируемых бортов карьеров, основанная на данных геологоразведочных работ. На следующих уточняются и детализируются ранее принятые решения по параметрам горных работ с учетом фактических данных о геомеханическом состоянии горного массива и свойств пород, полученных из исследований на вскрытой части месторождения.

Получение достоверной геомеханической информации базируется на дополнительных исследованиях физико-механических свойств горных пород, слагающих прибортовые массивы, структурно-тектонических особенностей, трещиноватости горных массивов и особенно актуально при разработке сложно-структурных месторождений. При выборе технологических решений существенная роль принадлежит определению параметров устойчивых бортов карьеров. Выбор параметров конструкций бортов, зависящий от ряда факторов (геологическое строение месторождения, тип применяемого технологического оборудования, физико-механические свойства горных пород, слагающих прибортовые массивы карьера и т.д.), влияет на технико-экономические показатели работы горнодобывающего предприятия в целом. Конструкции бортов погашения должны предопределять эффективность доработки месторождения и обеспечивать безопасность работ в прибортовой зоне карьера.

Наличие достоверной геомеханической информации дает возможность принятия новых эффективных решений по снижению объема вскрышных работ и рационального использования выработанного пространства для отвалообразования, направленных на снижение затрат при доработке месторождения. Конструирование устойчивых бортов карьеров с максимально кру-

тыми углами наклона должно базироваться на тщательном изучении геомеханического состояния и схематизации прибортовых массивов. Поэтому на стадии доработки карьеров целесообразно проводить дополнительные исследования прочностных и физических характеристик горных пород, структурно-тектонических особенностей, трещиноватости прибортовых массивов, а также анализ существующего состояния горных работ и т.д. для определения наиболее оптимальных профилей бортов погашения.

Дополнительные исследования физико-механических свойств горных пород, выполненные сибирским филиалом ВНИМИ в 2005 г., на «Ерунаковском угольном разрезе» позволили установить расчетные характеристики прочности пород массивов с учетом структурного ослабления и вариаций отклонения средней величины.

«Ерунаковское поле» Талдинского угольного разреза расположено на геологическом участке «Ерунаковский Северный» Ерунаковского угольного месторождения.

Горные работы ведутся на горных участках (блоках) № IV и V по комбинированной системе разработки.

Согласно проектной документации разработка нижнего вскрышного уступа (элемента борта из коренных пород надугольной толщи) осуществляется по бестранспортной технологии экскаваторами марки ЭШ с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве на почве пласта 78.

Разработка вышележащих вскрышных уступов, состоящих в основном из коренных пород, - по транспортной технологии с применением мехлопат в комплексе с автосамосвалами.

Отработка четвертичных отложений осуществляется способом гидромеханизации, а также с применением транспортной технологии.

Мощность бестранспортной вскрыши составляет 40-50 метров, вскрышные породы разрабатываются с предварительным буровзрывным рыхлением.

В настоящее время на предприятии формирование откосов нижнего по рабочему борту уступа осуществляется на блоке IV в породах с минимально развитой трещиноватостью ниже зоны выветривания, а на блоке V практически полностью в выветрелых породах. В дальнейшем по мере производства углубочных работ нижние, бестранспортные уступы рабочих бортов на блоках IV и V будут полностью формироваться в породах зоны затухающей трещиноватости.

Поэтому, прочностные свойства литологических разностей пород, используемые в расчетах устойчивости, принимаются с разделением на две группы (затронутые и незатронутые выветриванием).

В пределах участка выделяются два водоносных комплекса: воды четвертичных и верхнепермских отложений.

Воды четвертичных отложений приурочены к суглинкам и глинам залегающим в нижней части склонов. Они имеют локальное распространение

и носят характер сезонной верховодки. При своевременной разноске верхнего элемента борта и организации поверхностного отвода атмосферных осадков, влияние грунтовых вод четвертичных отложений на устойчивость бестранспортных уступов практически исключается.

Пермский водоносный комплекс подземных вод распространяется в полускальных песчано-глинистых породах и угольных пластах. Наиболее благоприятные условия циркуляции подземных вод отмечаются в зоне интенсивной трещиноватости, что объясняет положение уровня данных вод на границе между породами подверженными и не подверженными выветриванию.

Помимо этого среда углевмещающей толщи рассматриваемого месторождения в связи с высокой анизотропией, является довольно неоднородной по своим фильтрационным и ёмкостным свойствам и представляет собой чередование разнопроницаемых пологопадающих интервалов. При этом, в условиях горного отвода «Ерунаковского угольного разреза», наиболее высокими коэффициентами водопроницаемости обладают песчаники и угли. Наиболее низкими – алевролиты и аргиллиты. Обнажение откосами уступов (бортов) водопроницаемых слоев в условиях их выдержанного пологого падения приводит к понижению уровня подземных вод в приоткосной зоне горного массива.

Следует отметить резкое снижение закономерностей распространения водоупорных и водоотводящих интервалов в зоне выветрелых пород и усиление фильтрационной способности толщи по мере приближения слоев пород к дневной поверхности. Гидродинамически водопроводящие слои, расположенные в данной зоне, взаимодействуют между собой по каналам трещин, имеющим на верхних горизонтах более высокую проницаемость по сравнению с нижележащими.

Толща подверженных выветриванию коренных пород, вскрываемая по бестранспортной технологии на блоках V и частично IV является относительно водонасыщенной, что является отрицательным фактором, влияющим на прочностные свойства пород, слагающих прибортовой массив. На блоке III прибортовой горный массив выше почвы пласта 78 является сдренированным, что положительно сказывается на обеспечении устойчивости нижнего уступа формируемого по бестранспортной технологии. В процессе производства углубочных горных работ с выходом в зону затухающей трещиноватости, можно ожидать на блоках IV и V некоторое ухудшение гидрогеологических условий.

#### Библиографический список

1. Галустьян Э.Л. Геомеханическое обоснование рациональных схем вскрытия и направления развития работ в карьерах / Э.Л. Галустьян, М.А. Сафронова // Горный журнал, № 12, 2001.– С. 20 – 24.
2. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ 05-619-03). – М., 2003.– 205 с.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ БОРТОВ РАЗРЕЗОВ В КОРЕННЫХ ПОРОДАХ ПРИ БЕСТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ В РАЙОНАХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ЕСТЕСТВЕННЫМ ВОДОТОКАМ

Клименко А.В., Матвеев А.В.

Научный руководитель: канд. тех. наук, профессор Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье рассмотрена методика расчетов параметров бортов бестранспортной технологии с использованием средневзвешенных физико-механических свойств пород прибортового массива, определенные с учетом процентного соотношения различных литотипов пород, слагающих участки борта по наиболее напряженной поверхности скольжения, отстраиваемой на характерных геологических разрезах.

Ключевые слова: бестранспортная технология, разрез.

При расчетах параметров бортов бестранспортной технологии используются средневзвешенные физико-механические свойства пород прибортового массива, определенные с учетом процентного соотношения различных литотипов пород, слагающих участки борта по наиболее напряженной поверхности скольжения, отстраиваемой на характерных геологических разрезах.

Средневзвешенные расчетные физико-механические характеристики прибортовых массивов определялись по следующим формулам:

$$\gamma_{cp} = (\gamma_1 m_1 + \gamma_2 m_2 + \dots + \gamma_i m_i) / \sum m_i; \quad (1)$$

$$c_{cp} = (c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_i l_i) / \sum l_i; \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{cp} = (\operatorname{tg} \varphi_1 \sigma_1 l_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \sigma_2 l_2 + \dots + \operatorname{tg} \varphi_i \sigma_i l_i) / \sum \sigma_i l_i; \quad (3)$$

где  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_i$  – объемный вес отдельных литологических разностей пород, т/м<sup>3</sup>;

$l_1, l_2, l_i$  – длина отрезков наиболее напряженной поверхности скольжения, пересекающей отдельные разности пород, м;

$c_1, c_2, c_i$  – сцепление отдельных литологических разностей пород, т/м<sup>2</sup>;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_i$  – угол внутреннего трения отдельных литологических разностей пород, град.;

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_i$  – нормальные напряжения для отдельных литологических разностей пород.

По результатам выполненных расчетов установлено, что средневзве-

шенные расчетные прочностные характеристики горного массива, полученные по каждой представленной к рассмотрению разведочной линии, несколько отличаются друг от друга в зависимости от мощностей слоев и соотношения литотипов пород в приоткосной части массива.

Поэтому, для расчетов устойчивости нижних элементов бортов участков используются расчетные значения средневзвешенных физико-механических характеристик пород с учетом различного соотношения литотипов пород в массиве и качественной характеристики его анизотропии (коэффициент слоистости).

Расчеты по приведенным формулам выполняются согласно методики, изложенной в «Методических указаниях по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров», с обеспечением нормативных значений коэффициента запаса устойчивости (таблица 1).

Таблица 1 – Величины коэффициента запаса устойчивости

Характеристика откоса	Коэффициент запаса устойчивости
Предельное напряженное состояние откосов бортов (уступов)	1,0
Рабочий борт при стоянии откосов без обновления поверхности менее одного года и проведении инструментальных маркшейдерских наблюдений за их состоянием	1,1
Рабочий борт при стоянии откосов без обновления поверхности менее одного года	1,2
Рабочий борт при стоянии откосов без обновления поверхности более одного года	1,3
Уступы на проектном контуре и рабочие	1,5

Анализ геологического строения прибортового массива показывает, что расчет параметров откосов бестранспортных уступов с наибольшей точностью может быть выполнен методом векторного сложения (многоугольника) сил для условий дренированного и обводненного массива. Степень обводнения принята на основании анализа гидрогеологических условий, полученных в период детальной разведки месторождения и натурного обследования откосов уступов.

В предельном состоянии в массиве формируется поверхность скольжения, которая в нижней части массива совпадает с наиболее слабым контактом слоев, в верхней – имеет форму монотонной криволинейной поверхности, близкой к круглоцилиндрической (рисунок 1).



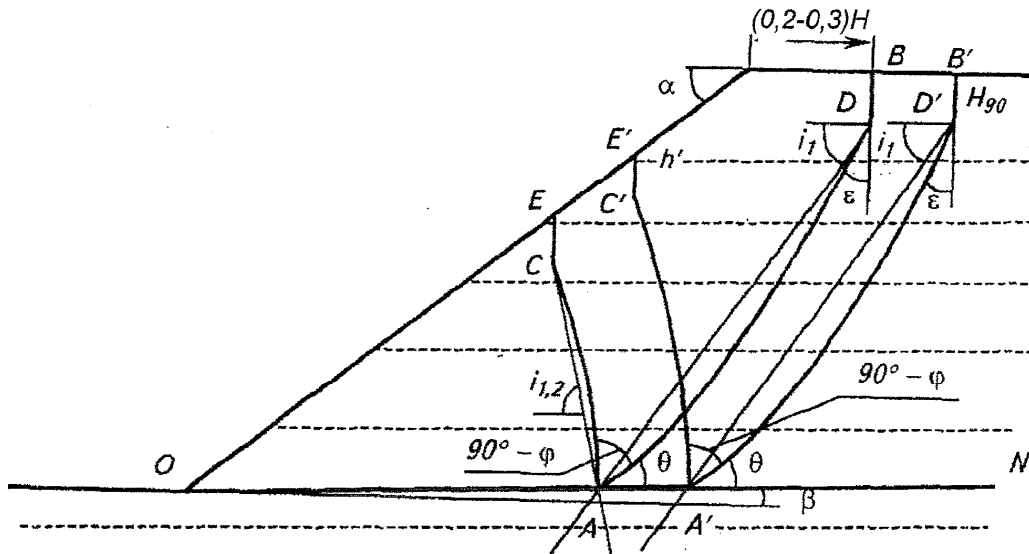


Рисунок 1 – Схема расчета устойчивости откоса при пологом залегании слоев

В точке А, где выполняется специальное условие равновесия, основная поверхность скольжения претерпевает излом под углом  $\Theta$ , вычисляемым по формуле 4, а под углом  $(90^\circ - \varphi_n)$  к ней формируется поверхность скольжения второго семейства QE.

$$\Theta = \pi/4 + (\varphi_n - \varphi_n^1)/2 - \arcsin(\sin \varphi^1 / \sin \varphi) / 2 \quad (4)$$

В верхней части откоса, в месте выхода поверхности скольжения на земную поверхность образуется вертикальная площадка отрыва высотой  $H_{90}$

$$H_{90} = 2 C_n \operatorname{ctg}(45^\circ - \varphi_n / 2) / \gamma_{\text{ср}} \quad (5)$$

В месте выхода поверхности скольжения второго семейства на поверхность откоса также образуется вертикальная площадка отрыва  $h^1$ , близкая по величине к  $H_{90}$ , которая вычисляется по формуле:

$$h^1 = (C_n^1 \cos \varphi_n^1) / (\gamma \cos \beta \sin(\beta - \varphi_n^1)) \quad (6)$$

Достаточная точность расчета достигается при расположении границ между блоками подобно расположению поверхностей скольжения. При этом в расчет принимаются: вес блока, силы сцепления, реакции по границам блоков, силы гидродинамического давления, действующие по границам блоков.

#### Библиографический список

1. Галустьян Э.Л. Геомеханическое обоснование рациональных схем вскрытия и направления развития работ в карьерах / Э.Л. Галустьян, М.А. Сафронова // Горный журнал, 2001. - № 12. - С. 20 – 24.
2. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом (ПБ 05-619-03). – М., 2003.- 205 с.

## II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 669.162.1:620.1:549.08:544.3.03

### ТЕХНОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА ОБОЖЖЕННЫМ ИЗВЕСТНЯКОМ

**Кувшинникова Н.И., Калиногорский А.Н.**

**Научный руководитель: канд. г.-м. наук, профессор Пермяков А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: n.kuvshinnikova@rambler.ru*

Технологическо-минералогические исследования влажного железорудного концентрата ММС, офлюсованного обожженным на агломашине известняком (4-14 %) выявили динамику и кинетику его обезвоживания (профилактирования) в процессе образования гидроминералов (0,8-3,5 %) и испарения (0,4-2,5 %) за счет тепловой энергии минералообразования и кристаллизации. Разработана методика определения качества профилактированного концентрата в зависимости от погодных-климатических условий на разных стадиях производства и перспективного планирования.

Ключевые слова: профилактированный концентрат, обожженный известняк, железорудный концентрат, влажность, тепловая энергия, сушка, испарение, кинетика, минералообразование, портландит, гидрокальцит, кальциоливин.

Абагурский филиал ОАО «Евразруда» с 2008 года производит профилактированный концентрат путем добавления обожженного на агломашине известняка к концентрату ММС с целью уменьшения влажности. В морозных условиях влажный (~8,5 %) концентрат смерзается, снижая его качество и затрудняя разгрузку у потребителя [1, С.12-13]. Технологическо-минералогические исследования исходного концентрата, обожженного известняка и офлюсованного концентрата до, в процессе и после его профилактирования были исследованы в Лаборатории экологии и комплексного использования минеральных отходов СибГИУ.

Было установлено, что при гидратации обожженного известняка образуется ряд минералов переменного состава: портландит, брусит, гидрокальцит и другие. При обжиге в результате диссоциации кальцита образуется 56 % CaO и 44 % CO<sub>2</sub>. Известь, активно взаимодействуя с гидратной и паробразующей водой, превращается в портландит, увеличивая кристаллическую массу на 32,1 %. Гидрокальцит также переводит часть влаги концентрата из жидкого в кристаллическое состояние. Гидрокальцит в профилактированном концентрате установлен, главным образом, в процессе микроскопических

исследований и достаточно четко подтвержден результатами дифференциально-термического анализа. Переход воды в кристаллическое состояние в зависимости от массы извести, использованной на профилактирование концентрата, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика перехода воды в кристаллическое состояние

Минералы	Химический состав:		Масса добавленного обожженного известняка, кг						
	формула	масс. %	1	140	120	100	80	60	40
			Масса окристаллизованной воды, кг						
Кальцит	CaCO <sub>3</sub>	20,62	0,039	5,5	4,7	3,9	3,1	2,3	1,6
Периклаз	MgO	0,51	0,003	0,42	0,36	0,3	0,24	0,18	0,12
Кальцооксид	CaO	67,78	0,218	30,6	26,2	21,8	17,4	13,1	8,70
Ольдгамит	CaS	0,3	0,005	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
Кальциоферрит	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,59	0,002	0,18	0,16	0,14	0,1	0,08	0,06
Кальциооливин	(Ca,Mg)SiO <sub>4</sub>	9,5	0,021	2,94	2,52	2,1	1,68	1,26	0,84
Итого			0,288	40,34	34,0	28,29	22,92	17,22	11,52

Профилактирующая способность обожженного известняка зависит главным образом от содержания CaO<sub>акт</sub> и незначительно от карбонатной CaO и кремнезема. Установлено, что 1 кг обожженного известняка (таблица 1) переводит 0,288 кг воды в кристаллогидратное состояние. Если это значение принять за константу ( $K=0,288$ ), то массу воды перешедшей в твердое состояние можно рассчитать по формуле  $W_{кр}=K \cdot m_{изв}$ , где  $m_{изв}$  – масса обожженного известняка пошедшей на профилактирование.

Процесс профилактирования происходит в четыре стадии и сопровождается гетерогенными кристаллохимическими, кристаллофизическими, эндотермическими или экзотермическими энергетическими явлениями образования гидроминералов.

На первой стадии в процессе смешивания концентрата ММС с обожженным известняком происходит усреднение температуры и влажности. Относительно холодный и влажный железорудный концентрат ММС массой  $m_{ик}$  смешивается с горячим обожженным известняком массой  $m_{изв}$  с увеличением массы объединенных продуктов  $m_{пк}=m_{ик}+m_{изв}$  (масса профилактируемого концентрата). Происходит усреднение температуры профилактируемого концентрата  $t_y=(t_{ик}m_{ик}+t_{изв}m_{изв})/(m_{ик}+m_{изв})$  и усреднение влажности профилактируемого концентрата при влажности исходного концентрата  $W_{ик}$  по формуле  $W_{усред}=W_{ик} m_{ик}/(m_{ик} + m_{изв})$ .

Вторая стадия сопровождается поглощением тепловой энергии в процессе растворения, способствуя образованию гетерогенного ионно-коллоидного структурированного водного раствора. Установлено, что на этой стадии гидратная слабо минерализованная вода исходного влажного концентрата превращается в структурированный гетерогенный высококонцентрированный ионно-коллоидный раствор. Коллоидно-дисперсные минеральные частицы раствора, коллективно взаимодействуя с тепловыми и

электромагнитными полями рудных частиц концентрата, структурируют ионно-коллоидный раствор до жидкокристаллического состояния, что значительно ускоряет процесс образования и кристаллизации гидратированных минералов – гидрокальцита, портландита, брусита и гипса. Во вторую стадию влажность концентрата не меняется, но существенно меняются физико-химические свойства и структура водного раствора.

На третьей стадии в процессе реакций гидратации происходит образование портландита, брусита, гидрокальцита, гипса и других гидроминералов, переводящих воду из жидкого в твердое кристаллогидратное состояние. Образование новых минералов сопровождается выделением тепловой энергии минералообразования и скрытой теплоты кристаллизации. На этой стадии вода из жидкого переходит в твердое кристаллизационное состояние и в зависимости от добавленного обожженного известняка на профилирование влажность концентрата уменьшилась на 0,8-3,5 %.

На четвертой стадии происходят процессы испарения и сушки, которые сопровождаются поглощением тепловой энергии и ее рассеиванием во времени и пространстве. Только при испарении влажность концентрата, профилированного разным количеством обожженного известняка и в разных погодных условиях, уменьшилась на 0,4-2,5 %.

Влажный концентрат (8-9,5%), все пустоты которого заполнены водой, при замерзании образует плотный, прочный монолит. Увеличение объема льда по сравнению с объемом той же массы воды до замерзания приведет к увеличению смерзаемости. Профилирование предотвращает это отрицательное явление путем увеличения пространства пустот за счет сокращения массы воды. Практика транспортировки концентрата в морозных условиях показала, что при влажности менее 4 % он почти не смерзается. Поэтому профилированием следует добиваться остаточной влажности концентрата не более 3,7-4 %. На эту остаточную влажность с учетом погодных условий следует ориентироваться при расчете основности профилированного концентрата. Расчет остаточной влажности ведется по формуле:  $W_{ост} = W_{ик} / (m_{ик} + m_{изв}) - W_{крст} - W_{испарения}$ , и в зависимости от условий профилирования она колеблется от 1,5 до 7 %.

Полученные данные позволили изучить процесс диссоциации кальцита и установить, что почти все минералы обожженного известняка участвуют в определенной степени в процессе обезвоживания (профилирования) концентрата. В зависимости от химического состава и массы обожженного известняка, пошедшего на профилирование, перевод воды в твердое кристаллогидратное состояние может колебаться в пределах от 10 до 45 кг/т<sub>к-та</sub>. На основании технолого-минералогических исследований разработана методика определения качества профилированного концентрата в зависимости от погодных-климатических условий на разных стадиях производства и перспективного планирования.

Библиографический список

1. Пермяков А.А., Кувшинникова Н.И., Калиногорский А.Н., Бутов П.Ю., Ганженко И.М., Осокин Н.А. Технологическо-минералогические исследования кинетики процессов при профилировании концентрата, производимого на Абагурском филиале ОАО «ЕВРАЗРУДА»//Металлургия: технологии, управление, инновации, качество. Труды XVII Всероссийской научно-практической конференции 8-11 октября.- 2013.- С. 12-17.

УДК621.746:669.018.294.2:519.876.2

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАФИНИРОВАНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК<sup>1</sup>**

**Числавлев В.В., Неунывахина Д.Т.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Фейлер С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: chisl.vv@yandex.ru*

В статье приведены результаты физического моделирования гидродинамических процессов при непрерывной разливке стали на четырехручьеваой машине непрерывного литья заготовок. Выполнен сравнительный анализ распределения потоков металлического расплава в промежуточном базовой конструкции и оснащенного огнеупорным элементом, предназначенным для уменьшения кинетической энергии струи стали при поступлении в промежуточный ковш.

Ключевые слова: физическое моделирование, неметаллические включения, рельсовая сталь, промежуточный ковш, непрерывная разливка стали.

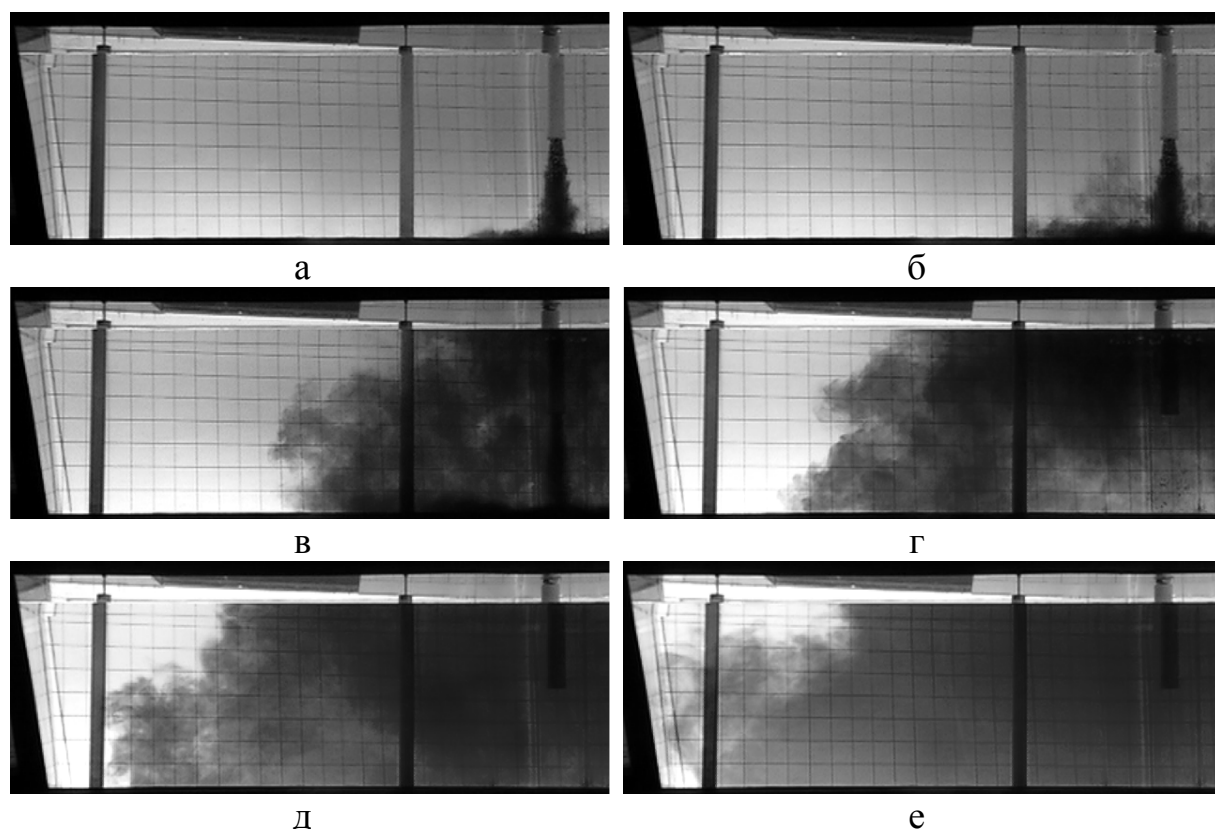
В настоящее время разливка рельсовой стали на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» осуществляется на реконструированной в 2012 г. четырехручьеваой блюмоваой машине непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Для производства высококачественных заготовок сечением 300×360 мм МНЛЗ оборудована системами электромагнитного перемешивания и мягкого обжатия. Тем не менее, задача обеспечения чистоты заготовок по неметаллическим включениям остается актуальной [1] и может быть решена за счет организации движения потоков металла в промежуточном ковше [2 - 4].

Исследования по оптимизации процессов рафинирования рельсовой стали в 28-т промежуточном ковше блюмоваой МНЛЗ ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» проводились на лабораторном комплексе с обеспечением подобия исследуемых процессов, основным элементом которого является физическая модель промежуточного ковша.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена согласно заданию на выполнение гос. работ в сфере научной деятельности в рамках проектной части гос. задания Минобрнауки России НИР №1622ПГЗ

Моделирование движения металла проводили для условий разливки блюмовой заготовки со скоростью 0,7 м/мин. В качестве моделирующей жидкости использовалась вода, гидродинамические свойства которой близки свойствам жидкой стали при температурах разливки. Для визуализации движения потоков моделирующей жидкости использовали водный раствор перманганата калия. Результаты физического моделирования базового варианта конструкции (без использования дополнительных гидродинамических элементов) представлены на рисунке 1, из которого видно, что в центральной части, под действием напора вертикальной струи, поступающей через защитную трубу из сталеразливочного ковша в промежуточный, наблюдается возникновение высокоскоростных придонных потоков. Уже на 2 секунде после подачи красителя поток моделирующей жидкости достигает центральных разливочных стаканов (рисунок 1, б). В дальнейшем происходит распределение потоков жидкости по объему модели и через 30 секунд после ввода красителя поток моделирующей жидкости достигает периферийных разливочных стаканов.

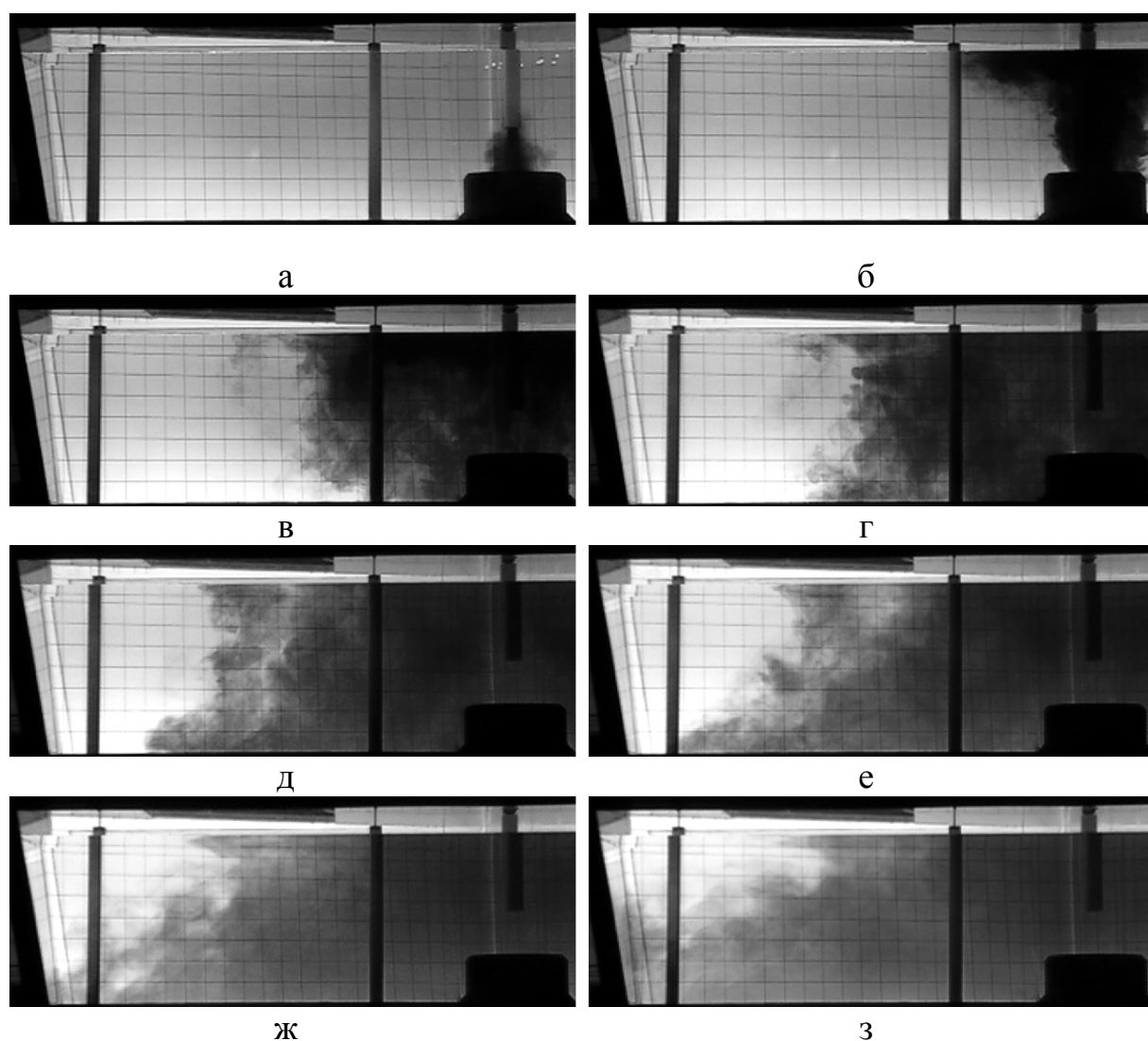


а – через 1 с.; б – через 2 с.; в – через 8 с.; г – через 16 с.;  
 д – через 30 с.; е – через 60 с.

Рисунок 1 - Гидродинамическая картина в промежуточном ковше базового варианта конструкции

В зоне периферийных стопоров и торцевых стенок наблюдается наличие застойных зон, что в реальных условиях способствует температурной и химической неоднородности металлического расплава. На реальном промежуточном ковше такое неравномерное распределение потоков и неудовлетворительное перемешивание металла приводит к значительному загрязнению заготовок центральных ручьев неметаллическими включениями.

При оснащении промежуточного ковша дополнительным огнеупорным гидродинамическим элементом – струегасителем наблюдается изменение гидродинамической картины (рисунок 2), минимальное время пребывания жидкости в объеме модели промежуточного ковша увеличивается и составляет 20 и 55 секунд для центрального и периферийного ручьев, соответственно.



а – через 1 с.; б – через 8 с.; в – через 20 с.; г – через 30 с.;  
д – через 45 с.; е – через 55 с; ж – через 85 с; з – через 100 с

Рисунок 2 - Гидродинамическая картина в промежуточном ковше при использовании струегасителя

При попадании моделирующей жидкости в внутренний объем стругателя происходит подавление части кинетической энергии струи за счет циркуляции в замкнутом объеме, после чего поток моделирующей жидкости направляется к поверхности, отражается и направляется к разливочным стаканам. При таком режиме течения наблюдается уменьшение области с активными завихрениями, снижение турбулентности и, как следствие, увеличение минимального времени пребывания порции металла в промежуточном ковше. При этом поток моделирующей жидкости после поступления в промежуточный ковш направляется к поверхности, что на практике способствует повышению эффективности рафинирования металла за счет переноса неметаллических частиц непосредственно к ассимилирующему шлаковому расплаву.

Таким образом, анализ результатов физического моделирования позволяет сделать вывод о том, что конструкция промежуточного ковша базового варианта не является оптимальной при обеспечении гомогенизации металлического расплава по химическому составу и температуре, а также рафинирования металлического расплава от неметаллических включений и требуется применение специальных гидродинамических элементов для организации движения потоков металла.

#### Библиографический список

1. Симачёв А.С., Осколкова Т.Н. Влияние неметаллических включений непрерывнолитой заготовки рельсовой стали Э76Ф на высокотемпературную пластичность / *Металлургия: технологии, управление, инновации, качество: труды XVIII Всероссийской научно-практической конференции*. Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – С. 156-159.

2. Протопопов Е.В., Фейлер С.В., Комшуков В.П. [и др.] Численное моделирование гидродинамики металла в промежуточном ковше слябовой МНЛЗ / *Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии*. – М.-Новокузнецк, 2008 г. – вып. 22 – С. 65-73.

3. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Подкорытов А.Л. [и др.] Непрерывная разливка сортовой заготовки: Монография. – Донецк: Цифровая типография, 2012.– 417 с.

4. Mazumdar D., Evans J.W. *Modeling of steelmaking processes*. – Boca Raton, London, New York: CRS Press, Taylor and Francis Group, 2010.– 463 с..



## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ<sup>2</sup>**

**Неунывахина Д.Т., Числавлев В.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Фейлер С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк: e-mail: neunyvakhina92@mail.ru*

Разработан и реализован проект модернизации лабораторного комплекса для определения температуры плавления металлургических шлаков. Модернизированный лабораторный комплекс внедрен в учебный процесс и используется бакалаврами, магистрами и аспирантами при выполнении лабораторных и научно-исследовательских работ.

Ключевые слова: шлак, температура плавления, микроречь, микроскоп

В условиях повышения требований потребителей к качеству металлопродукции металлургической науке и промышленности требуется совершенствование научных исследований и быстрое внедрение их результатов в производство. Эффективность научных исследований в значительной степени определяется обоснованным выбором методики исследования. Правильно поставленный научный эксперимент с использованием современной аппаратуры и приборов позволяет получить достоверные данные, установить природу и закономерности изучаемых явлений и процессов.

При производстве черных металлов на различных этапах процесса производства стальной металлопродукции образуются шлаки с различными химическим составом и физико-химическими свойствами. Основной характеристикой, определяющей физико-химические свойства шлаков, является температура плавления. В любом сталеплавильном агрегате в каждый период плавки температура металла и шлака изменяется в узких пределах. Поэтому перегрев шлака зависит от его температуры плавления. Степень перегрева определяет поведение шлака, его физические свойства (вязкость, электропроводность) и химическую активность (рафинирующее действие на металл) [1].

На кафедре металлургии черных металлов ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» для определения температуры плавления металлургических шлаков использовался специальный лабораторный комплекс (Рисунок 1), основанный на оптическом методе, в состав которого входит микроречь (Рисунок 2) с термопарой, микроскоп, обеспечивающий 35-50 кратное увеличение и вольтметр.

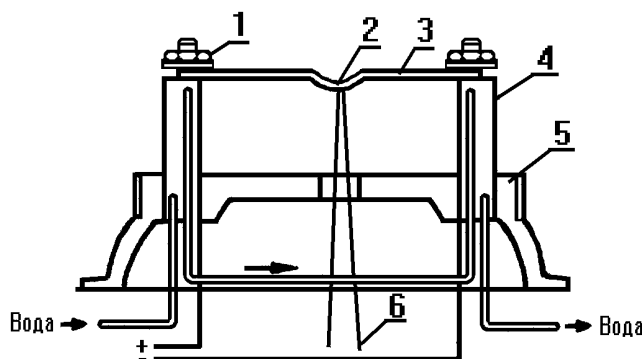
---

<sup>2</sup> Работа выполнена в СибГИУ по государственному заданию Минобрнауки России, проект 2556



1 – микропечь; 2 – микроскоп; 3 – милливольтметр

Рисунок 1 – Лабораторный комплекс для определения температуры плавления металлургических шлаков



1 – крепление нагревателя; 2 – «горячий» спай термопары;  
3 – платиновая пластина; 4 – токопроводы;  
5 – корпус; 6 – термопара

Рисунок 4 – Схема устройства микропечи

Недостатком при использовании лабораторного комплекса является отсутствие возможности фото- и видеофиксации процесса расплавления и чрезмерное напряжение зрения у исследователя, что может привести к недостоверности получаемых результатов.

Для устранения отмеченных недостатков был разработан и реализован проект модернизации лабораторного комплекса. Для фиксирования фазовых превращений исследуемых материалов при увеличении температуры оптический бинокляр заменили цифровым микроскопом, обеспечивающим передачу изображения на персональный компьютер при максимальном увеличении  $\times 500$  (рисунок 3), для получения достоверных данных о температуре платиновой пластины микропечи к контактам термопары был подключен цифровой мультиметр Nantek 365B с возможностью передачи данных на персональный компьютер.



1 – цифровой микроскоп; 2 – изображение платиновой пластины;  
3 – показания термопары

Рисунок 3 – Лабораторный комплекс для определения температуры плавления металлургических шлаков после модернизации

Модернизированный лабораторный комплекс внедрен в учебный процесс и используется бакалаврами, магистрами и аспирантами при выполнении лабораторных и научно-исследовательских работ.

#### Библиографический список

1. Чернышева Н.А. Определение температуры плавления сталеплавильных шлаков // Н.А. Чернышева, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский. – Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ.- 2014.– 13 с.

УДК 669.184.244.66:669.184.235.18

## **ФОРМИРОВАНИЕ КОНВЕРТЕРНЫХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ШЛАКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ФУТЕРОВКИ АГРЕГАТОВ**

**Калиногорский А.Н.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Протопопов Е.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Andrey.kalinogorskiy@gmail.com*

В современных условиях сталеплавильного производства для повышения стойкости футеровки агрегатов широко используются высокомагнезиальные флюсы для шлакообразования и повышения эффективности нанесения огнеупорных покрытий. В соответствии с развиваемыми положениями изучены особенности формирования конвертерных магнезиальных шлаков.

Конвертер, футеровка, шлак, температура плавления, фазовый состав, термогравиметрический анализ, гарнисаж.

Для повышения стойкости футеровки конвертеров в настоящее время широко применяется технология нанесения шлакового гарнисажа на огнеупорную кладку агрегата, которая предусматривает формирование конвертерных магнезиальных шлаков с заданными свойствами и его раздувку струями азота через кислородную фурму [1]. При этом, для повышения технологичности процесса необходимо исследование особенностей фазовых и структурных превращений, характерных для рассматриваемых условий.

Технология выплавки стали в 350-т конвертерах ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» предусматривает присадку извести, алюминиевой выбойки и флюса обожженного магнезиально-известкового с содержанием не менее 66 % MgO. Присадку высокомагнезиального флюса в конвертер (в среднем 14,8 кг/т) выполняют вместе с известью в завалку на металлический лом до его нагрева, а также при раздувке шлака (до 3 кг/т). В таблице 1 приведен химический состав конечного шлака опытной плавки (1) и после окончания операции нанесения гарнисажа (2).

Таблица 1 – Химический состав конвертерных магнезиальных шлаков

Номер шлака	Содержание, %									
	CaO	MgO	FeO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Fe <sub>мет</sub>
1	38,21	11,19	17,34	6,00	11,87	2,48	10,81	1,39	0,104	1,17
2	41,24	18,30	15,70	4,54	6,72	2,07	8,55	1,03	0,064	2,45

Для изучения фазового состава конвертерного магнезиального шлака последний рассматривали как четырехкомпонентную систему CaO-MgO-FeO<sub>x</sub>-SiO<sub>2</sub><sup>3</sup>. Исследуемые шлаки в соответствии с составом кристаллизуются с образованием двухкальциевого силиката, извести и твердого раствора магнезиовюстита, количественное соотношение которых представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Фазовый состав конвертерных магнезиальных шлаков

Номер шлака	Содержание в шлаке, %			
	CaO	(CaO) <sub>2</sub> ·SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO
1	16,81	37,28	17,09	28,82
2	24,31	27,8	26,64	21,25

Присадка высокомагнезиального флюса при раздувке шлака характеризуется увеличением содержания извести и магнезиовюстита, при уменьшении содержания двухкальциевого силиката. Также происходит изменение состава магнезиовюстита: увеличивается содержание тугоплавкой составляющей (MgO) и уменьшается содержание легкоплавкой составляющей (FeO).

Ранее выполненные минералогические исследования подтвердили, что в качестве избыточных фаз присутствуют крупные включения извести и пе-

<sup>3</sup> Исследование выполнено под руководством д.т.н., профессора Якушевича Н.Ф.

риклаза [2], что свидетельствует о недостатке времени для растворения извести и флюса при загрузке крупнокусковых материалов.

Для детального рассмотрения фазовых и структурных превращений, происходящих в конвертерном магнезиальном шлаке, использовали термогравиметрический анализ. Исследование проводили на приборе для термического анализа фирмы Setaram в Центре коллективного пользования «Материаловедение» СибГИУ при скорости изменения температуры – 10 °С/мин, температуре нагрева – 1500 °С в атмосфере воздуха. Масса навески шлака 1 – 60 мг, а шлака 2 – 60,5 мг.

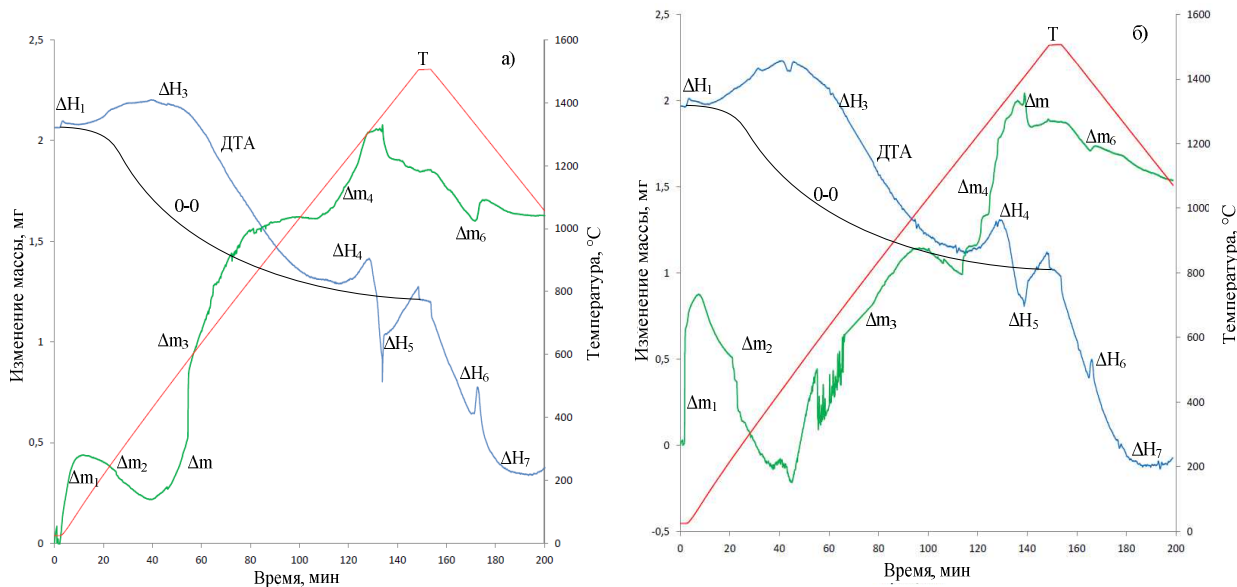
Результаты термогравиметрического анализа конечного шлака опытной плавки (1) и после окончания операции нанесения гарнисажа (2) представлены на рисунке и в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты термогравиметрического анализа

№ п/п	Название	Шлак 1				Шлак 2			
		$\pm\Delta H$	$\Delta m$	$t_H$	$t_K$	$\pm\Delta H$	$\Delta m$	$t_H$	$t_K$
1	Адсорбция	-	+0,438	15	122	-	+0,875	15	74
2	Десорбция	+	-0,221	122	418	+	-1,081	74	474
3	Окисление до $Fe_3O_4$	-	+1,396	418	800	-	+1,4	474	1000
4	Окисление до $Fe_2O_3$	-	+0,443	1100	1309	-	+1	1160	1300
5	Плавление	+	0	1309	1500	+	0	1313	1500
6	Фазовый переход $(CaO)_2 \cdot SiO_2$	-	+0,1	1348	1323	-	+0,03	1400	1391
7	Кристаллизация эвтектики шлака	-	0	1200	1100	-	0	1200	1100

Наблюдаемое увеличение массы навесок шлаков ( $\Delta m_3$  и  $\Delta m_4$ ) связано с протеканием экзотермических окислительных реакций, характеризующихся соответствующим изменением энтальпии ( $\Delta H_3$  и  $\Delta H_4$ ). При этом на кривой изменения массы отмечается перегиб в интервалах температур 800 – 1100 °С для конечного конвертерного шлака и 1000 – 1160 °С для гарнисажного шлака. Сначала идет процесс окисления до  $Fe_3O_4$  ( $\Delta m_3$ ), а при более высоких температурах – до  $Fe_2O_3$  ( $\Delta m_4$ ).

Как видно из рисунка шлак (2) характеризуется повышенной температурой плавления (эффект  $\Delta H_5$ ), по сравнению со шлаком (1). На кривых охлаждения шлаков при температуре 1400 °С фиксируются экзотермические эффекты ( $\Delta H_6$ ) от полиморфного превращения двухкальциевого силиката, которые также отражаются и на кривых изменения массы ( $\Delta m_6$ ) очевидно за счет потерь при растрескивании частиц шлака при фазовом переходе. Площадка при температурах 1200 – 1100 °С ( $\Delta H_7$ ) характеризует процесс окончательного затвердевания шлака.



а – конечный, б – после окончания операции нанесения гарнисажа

Рисунок – Дериватограмма нагрева опытных образцов шлака

Таким образом, применяемая технология присадки высокомагнезиального флюса для формирования конвертерного магнезиального шлака предопределяет изменение фазового состава последнего и соответствующее увеличение температуры плавления. Однако полиморфное превращение двухкальциевого силиката приводит к растрескиванию частиц шлака и снижению технологических свойств наносимого покрытия, что требует научно-обоснованного совершенствования параметров процесса.

#### Библиографический список

1. Возчиков А.П., Демидов К.Н., Смирнов Л.А. и др. Повышение стойкости футеровки конвертера с применением магнезиально-глиноземистого флюса при переделе высокофосфористых чугунов. // Черная металлургия. 2013. №7. С. 53-57.
2. Протопопов Е.В., Пермяков А.А., Калиногорский А.Н. Исследование особенностей формирования гарнисажа на футеровке большегрузных конвертеров при использовании высокомагнезиальных флюсов. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2013. №4. С. 32 – 35.

## ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ РАССЫПАЮЩИХСЯ СПЛАВОВ МАРГАНЦА\*

**Кравченко П.Д.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Рожихина И.Д.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafamfs@sibsiu.ru*

Крупнейшее месторождение марганцевых руд России, Усинское, включает 55 % балансовых запасов страны. Оно расположено в Кемеровской области в пределах Алтае-Саянской металлогенической провинции. Марганцевые руды Усинского месторождения характеризуются сравнительно низким содержанием марганца (18 – 22 %) и повышенным содержанием фосфора (0,2 – 0,3 %) [1]. Усинское месторождение сложено двумя генетическими типами руд: первичными (карбонатными) и вторичными (окисленными), химический состав которых приведен в таблице 1. Доля карбонатных руд составляет 94 %, окисленных – 6 % [2].

Таблица 1 – Химический состав марганцевых руд Усинского месторождения [3]

Руда	Химический состав, %									
	Mn	Fe	P	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ППП	CO <sub>2</sub>
Окисленная	26,9	8,5	0,27	0,05	25,30	3,70	5,0	1,30	13,44	4,31
Карбонатная	19,3	5,96	0,18	1,09	10,33	1,67	14,9	3,17	24,01	23,57

Прямой плавкой практически невозможно получить стандартные сплавы ферромарганца и силикомарганца, целесообразна разработка новых нетрадиционных методов использования этих руд для получения из них материалов хорошего качества, а также таких методов, которые обеспечат заметное повышение извлечения марганца при плавке традиционным углеродотермическим способом [4].

На кафедре металлургии черных металлов был разработан состав смесей для обработки стали марганецсодержащими материалами с использованием в качестве восстановителя кремния саморассыпающегося комплексного сплава, выплавленного из Усинской карбонатной руды и кварцита Антоновского месторождения углеродотермическим процессом.

Сплав с содержанием 40 – 45 % Si и 15 – 30 % Mn получали непрерывным процессом в лабораторной печи мощностью 100 кВА из шихты, навеска которой состояла из 8 кг кварцита, 6 кг карбонатной марганцевой руды (30,5 % Mn, 8 % SiO<sub>2</sub>, 10 % CaO, 1,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,6 % Fe), 2,2 – 2,3 кг железной

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Минобрнауки РФ на 2014 – 2016 гг.

стружки и 5,8 – 6,3 кг сухого кокса. Выпуск осуществляли через каждый час работы печи. Сплав первого выпуска содержал примерно 25 % кремния, четвертого выпуска – примерно 45 %, содержание марганца при этом колебалось от 15 до 25 %. Усредненный состав выплавленного металла был следующим: 22,17 % Mn и 42,55 % Si. Извлечение марганца в сплав колебалось в пределах от 85 до 90 %.

Слитки после остывания дробили до крупности 30 – 70 мм и выдерживали их на воздухе. Сплав всех выпусков через 7 – 8 суток терял прочность и рассыпался в порошок. До порошка фракции менее 1 мм рассыпалось около 80 % выплавленного сплава.

Смеси готовили следующим образом: окисленную марганцевую руду Усинского месторождения, восстановитель (рассыпавшийся сплав ферросилиция с марганцем) и флюс (доломит) смешивали в определенном соотношении, добавляли связующее и еще раз тщательно перемешивали. В качестве связующего использовали золу ТЭЦ (8,88 %  $Al_2O_3$ , 23,98 %  $SiO_2$ , 0,56 %  $TiO_2$ , 5,85 %  $CaO$ , 4,98 %  $MgO$ , 6,32 %  $FeO$ , 8,18 %  $Fe_2O_3$ , 1,82 % ППП). Из подготовленной шихты на гидравлическом брикет-прессе получали брикеты размером 20×50 мм и проплавливали их в печи Таммана при температуре 1600 °С. Полученные металл и шлак анализировали. Экспериментально подобранное оптимальное соотношение в смеси саморассыпающегося сплава марки ФС45Mn25, окисленной марганцевой руды (42,3 % Mn) и доломита составляло 1:0,8:0,3. Извлечение марганца составило 89 – 91 %, а полученный металл содержал 51,8 – 52,7 % марганца и 24,1 – 24,8 % кремния.

Использование выплавленного сплава ФС45Mn25 в качестве компонента смеси для обработки жидкой стали в ковше или агрегате «ковш-печь» обеспечивает высокое извлечение марганца, снижение расхода марганцевой руды и доли фосфора, вносимого в сталь, а также ликвидируются затраты на дробление восстановителя.

#### Библиографический список

1. Тигунов Л.П. Марганец: геология, производство, использование / Л.П. Тигунов, Л.А. Смирнов, Р.А. Минаджиева. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006. – 184 с.
2. Борисов С.М. Результаты геологоразведочных работ на марганцевые руды в Кемеровской области / С.М. Борисов, А.В. Зябкин, С.С. Старкин // Сб. научных трудов «Состояние марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: 2001. – С. 36 – 38.
3. Серов Г.В. О промышленном освоении Усинского месторождения марганцевых руд / Г.В. Серов, В.И. Хобот, А.П. Литвиненко // Сталь, № 11, 2006. С. 83 – 86.
4. Пат. № 2005803 РФ МКИ С22С33/04 Способ производства ферромарганца для сварочного производства / Толстогузов Н.В., Рожихина И.Д., Нохрина О.И. и др. – № 5034207/02; заявл. 26.03.92; опубл. 15.01.04. Бюл. № 1.



**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТВЕРДОФАЗНОГО  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ЖЕЛЕЗА ИЗ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

**Ходосов И.Е., Медведева К.С.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Нохрина О.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Khodosov@mail.ru*

Рассмотрены процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд протекающие в элементарной термодинамической системе  $Fe-C-O$ . По результатам исследований составлена термодинамическая модель твердофазного восстановления оксидов железа с использованием углей разных технологических марок.

Ключевые слова: твердофазное восстановление, железо прямого восстановления, термодинамическое моделирование

В настоящее время альтернативным сырьем для производства высококачественных сталей является, так называемое, железо прямого восстановления, которое получают путем внедоменного передела железосодержащего сырья. Технологии производства металлизированных продуктов развиваются и совершенствуются с 60-х годов прошлого столетия, и к настоящему времени объем производства внедоменного железа достиг 76 млн. т. в год. В России и в мире железо прямого восстановления в основном получают с использованием в качестве восстановителя конвертированного природного газа. Гранулированную железную руду подают в печь шахтного типа, где при температурах, не превышающих температур плавления материалов, происходит восстановление оксидов железа. Применение природного газа приводит к удорожанию стоимости железа прямого восстановления и ограничивает развитие данных технологий в регионах, где природный газ является дефицитным. Снижение потребления природного газа возможно при его замене углем. В настоящее время до 8 % произведенного в мире железа прямого восстановления осуществляется с использованием угля. Существует множество технологических предложений использования угля для получения металлизированных продуктов, при этом нет единой технологии, получившей широкое промышленное распространение [1].

Процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд с использованием в качестве твердого углеродистого восстановителя угля не имеют однозначной оценки, что связано с многокомпонентностью системы и одновременным развитием реакций газификации угля, а также прямого и косвенного восстановления железа из оксидов железных руд [2].

На кафедре металлургии черных металлов СибГИУ проводится работа

по исследованию и разработке энергоэффективной технологии получения высококачественных металлизированных материалов, пригодных для использования при выплавке сталей ответственного назначения.

При проведении исследований в качестве железосодержащего сырья использовали железную руду и железорудный концентрат. В качестве твердых углеродистых восстановителей применяли коксовый орешек, угли разных технологических марок (уголь длиннопламенный марки - Д; уголь бурый марки – Б2; уголь слабоспекающийся марки - СС; уголь тощий марки - ТО). Составы материалов и технический анализ восстановителей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы железорудных материалов и технический анализ восстановителей

<i>Фазовый состав исходной железной руды</i>							
Много:	гематит ( $Fe_2O_3$ )						
Присутствует:	магнетит ( $FeO \cdot Fe_2O_3$ ), гетит ( $\alpha-FeOOH$ ), кварц ( $SiO_2$ ), каоленит ( $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ )						
Немного:	хлорид железа, полевошпат						
<i>Химический состав железной руды, %</i>							
$Fe_{общ}$	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$P_2O_5$	S	CaO	MgO	влага
52,3	14,24	2,51	0,072	0,42	0,94	0,76	5,78
<i>Химический состав железорудного концентрата, %</i>							
61,2	6,75	2,2	0,02	0,41	1,96	2,31	5,78
Восстановитель	Характеристика						
	Содержание [C] в рабочей массе, %	$A^d$ (зола), %	$V^{daf}$ (летучие), %	$W^r$ (влага), %			
Уголь –Б2	49,1	7,83	46,7	35,3			
Уголь – Д	55,6	5,64	43,5	15,4			
Уголь – СС	70,2	6,41	24,3	6,7			
Уголь – ТО	80,8	8,34	15,2	5,1			

Моделирование процессов твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд проводили с использованием программного комплекса «Терра», разработанного в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана [3]. Исследование процесса восстановления железа проводили в два этапа: термодинамическое исследование на модельной элементарной системе и исследование процесса восстановления железа из руды углями различных марок.

Модель элементарной системы с поэлементным составом  $Fe-C-O$ , формировали путем задания исходного состава смеси в виде 1 моля оксида  $Fe_2O_3$  и количества молей углерода и кислорода, которые варьировались соответственно параметрами  $n$  и  $m$  ( $Fe_2O_3+nC+mO$ ). При моделировании процессов осуществлялось решение следующих задач: определение температу-

ры и количества углерода, обеспечивающих полное восстановление железа; определение оптимальных значений показателя  $a^*$  (показатель  $a^*=m/n$  – отношение количества кислорода к количеству углерода в системе). На рисунке 1 приведена зависимость абсолютного содержания компонентов газовой (а) и конденсированной фазы (б) от параметра  $a^*$ .

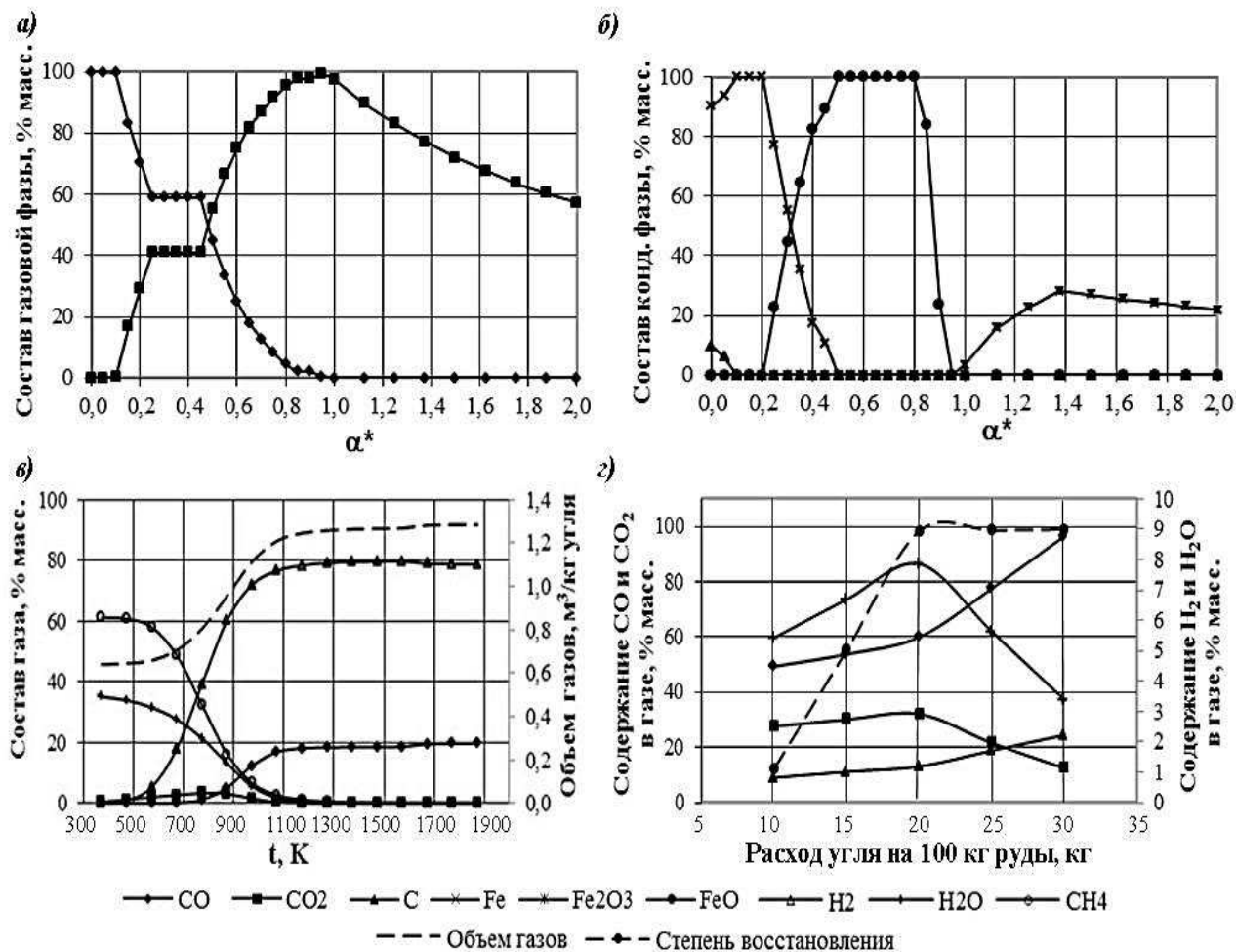


Рисунок 1 – Термодинамическое моделирование процессов твердофазного восстановления оксидов железа длиннопламенным углем

Анализ результатов расчета показал наличие трех областей. Восстановительная область существует при значениях  $a^* < 0,2$ . Переходная область характеризуется снижением концентрации восстановленного железа до полного исчезновения и ростом содержания  $FeO$  в конденсированной фазе. Окислительная область начинается при  $a^* = 0,5$ , когда в конденсированной фазе полностью исчезает железо. При  $a^* = 0,95$  в газовой фазе полностью исчезает  $CO$ , а в конденсированной –  $FeO$ . Таким образом, в результате исследования окислительно-восстановительных условий в системе  $Fe-C-O$  выявлены границы восстановительной, переходной и окислительной областей и соответствующие им значения  $a^*$ . Наилучшим условиям для восстановления железа соответствует значение показателя  $a < 0,2$  [4].

Расчет равновесного состава газов образованных в результате термической деструкции углей показал, что состав газовой фазы в заданном диапазоне температур (373 – 1873 К) практически одинаков для всех марок углей, отличие заключается в количестве выделившихся летучих. На рисунке 1, в приведены зависимости состава и объема газовой фазы, образующейся в результате выделения летучих компонентов при нагреве длиннопламенного угля.

Результаты термодинамического моделирования процессов твердофазного восстановления железа углем позволили определить зависимости степени восстановления железа и состава газовой фазы от расхода угля каждой технологической марки. Зависимость степени восстановления и состава газовой фазы от расхода длиннопламенного угля при восстановлении 100 кг руды представлены на рисунке 1(з).

Полученные данные были подтверждены путем проведения высокотемпературных лабораторных экспериментов [5]. Восстановительному обжигу подвергали гранулированные рудо-угольные композиции составленные с разным количеством восстановителя. По результатам опытов определено более полное протекание восстановительных процессов в брикетах, где количество угля соответствовало расчетному согласно разработанной термодинамической модели. Таким образом, в результате моделирования процессов твердофазного восстановления оксидов железа определен оптимальный расход угля каждой марки, необходимый для полного восстановления железа из руды заданного состава.

#### Библиографический список

1. Юсфин Ю.С. Металлургия железа / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.– 464 с.
2. Якушевич Н.Ф. Определение параметров окислительно-восстановительных процессов в системе Fe-C-O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> / Н.Ф. Якушевич, И.В. Строкина, О.А. Полях // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия, № 8, 2011.- С. 13–18.
3. Синярев Г.Б., Ватолин Н.А., Трусков Б.Г. Применение ЭВМ для термодинамических расчётов металлургических процессов.– М.: Наука, 1982.– 32 с.
4. Рыбенко И.А. Разработка методики и системы расчета вариантов технологий непрерывного получения металла в агрегатах струйно-эмульсионного типа: дис. канд. техн. наук : 05.16.02 : защищена 28.03.00 : утв. 14.06.00 / Рыбенко Инна Анатольевна. – Новокузнецк, 2000. – 165 с.
5. Ходосов И.Е. Получение чистого железа путем внедоменной переработки железных руд и углей Кузбасса / И.Е. Ходосов, О.И. Нохрина // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Новокузнецк, 2014.- С. 378–380.

## **К ВОПРОСУ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

**Медведева К.С.**

**Научный руководитель: Ходосов И.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Khodosov@mail.ru*

Описаны современные технологии получения металлизированных продуктов путем твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд.

Ключевые слова: Твердофазное восстановление, металлизированные продукты, железо прямого восстановления, внедоменная, безкосовая металлургия.

Традиционный способ производства железа и его сплавов из железных руд включает две основные стадии: выплавка чугуна в доменных печах и последующее получение стали. При производстве чугуна в качестве сырья используют агломерат, в его состав входят: железорудный концентрат, полученный путем обогащения железной руды; кокс, который получают путем передела коксующихся марок угля в коксовых батареях; известь, полученная путем обжига известняка. Агломерационное и коксодоменное производство является энерго- и капиталоемкими, при этом образуется большое количество шламов и шлаков. Однако существуют альтернативные способы получения железа которые реализуются путем прямого восстановления железа из оксидов железных руд.

В производственных условиях способ получения металла, альтернативный доменному, в новейшей истории был впервые реализован в 1911 году в Швеции, и к настоящему времени известно более 100 различных способов получения железа из руды. Большинство этих способов направлено на исключение использования кокса. Поэтому направление металлургии, связанное с разработкой новых способов получения железа из руд, получило название бескоксая металлургия, или прямое восстановление железа.

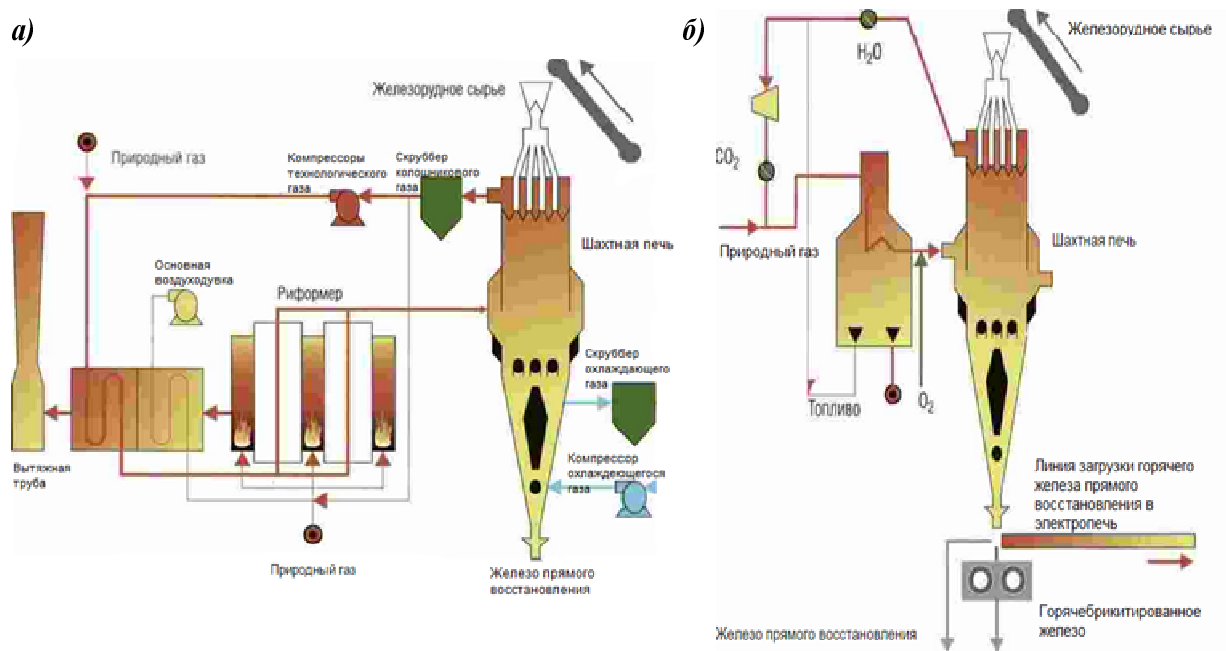
В настоящее время наиболее распространены процессы, использующие в качестве железорудного материала кусковую руду, окатыши или агломерат, а в качестве восстановителя природный газ. В зависимости от процесса и комплекса применяемого оборудования железо прямого восстановления производится в различных формах: в виде металлизированных окатышей или брикетов (DRI), горячбрикетированного железа (HBI), металлических гранул (Nuggets). При этом HBI производится прессованием DRI. Металлизированные брикеты в меньшей степени подвержены окислению металлического железа и обладают более высокой прочностью, поэтому они сохраняют металлургические свойства при транспортировке и хранении. Получае-

мые высокометаллизированные продукты (DRI), пригодный для производства стали в дуговой электропечи.

Наибольшее распространение получили следующие технологии.

Технология Midrex разработана в 1965-1967 годах компанией Midland Ross Corp. (США). Первые две шахтные печи производительностью по 200 тыс. тонн в год запущены в 1969 году в Портланде. В России на Оскольском электрометаллургическом комбинате функционирует цех с 4 печами Midrex с проектной производительностью каждой 1,7 млн. тонн в год. На предприятии был реализован модифицированный процесс Midrex, и охлаждение металлизированных окатышей в печи было заменено их горячим брикетированием.

На рисунке 1, *а* представлена технологическая схема производства железа прямого восстановления по технологии Midrex.



*а* - по технологии Midrex; *б* - по технологии HYL-3

Рисунок 1 - Схема производства железа прямого восстановления

Другим распространенным способом металлизации в шахтных печах является технология HYL-3, отличительные особенности которой заключаются в повышенных давлении (до 0,55 МПа) и температуры (до 900-950° С) восстановительного газа. В процессе HYL-3 не требуется установка риформера в основной технологической линии, благодаря этому расширяется состав восстановительных газов, которые можно использовать в процессе. На рисунке 1, *б* представлена технологическая схема производства железа прямого восстановления по технологии HYL-3.

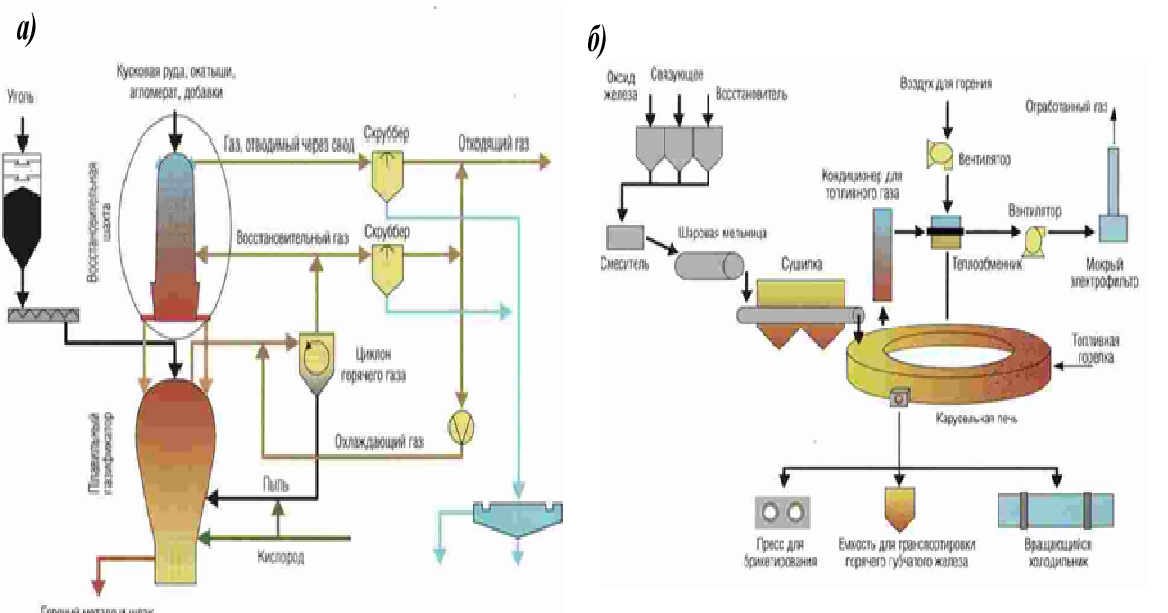
При получении железа по технологии Midrex и HYL-3 появление жидких материалов в рабочем пространстве может нарушить движение газового потока. Вследствие этого в установках прямого восстановления железа, как правило, не достигаются высокие температуры, и продукты восстанов-

ления удаляются в твердом состоянии, что делает невозможным удаление пустой породы, оксиды которой переходят в состав металлизированного продукта, ухудшая его качество. Поэтому используют руды или концентраты, содержащие не менее 67% железа общего.

В связи с постоянно увеличивающейся стоимостью природного газа фирмами Danielli (Италия) и HYL Technologies (США) разрабатывают процессы позволяющие использовать альтернативные источники восстановительных газов, такие как водород, коксовый газ, продукты газификации угля.

Наиболее распространены технологии Fastmet, Corex и ITmk3, которые используют в качестве восстановителя твердые углеродистые восстановители. В основе технологии Corex лежит концепция доменной печи, модифицированная для обеспечения возможности прямого применения некоксуемых углей для восстановления. Процесс Corex является двухстадийным процессом и реализуется в комбинированном агрегате с шахтным восстановительным реактором и плавильной печью-газификатором. Полученный продукт шнековым механизмом подается в плавильную печь-газификатор, где плавится и довосстанавливается углеродом угля (вторая стадия) за счет загрузки угля и вдувания кислорода. Технология Corex представлена на рисунке 2, а.

В процессах Fastmet, Fastmelt, DryIron, Redsmelt, Inmetco, ITmk3 для получения железа прямого восстановления с использованием угля и железорудных концентратов используются вращающиеся трубчатые печи. Сырьем являются твердые окатыши из мелкофракционной железной руды, смешанной с тонкодисперсной пылеугольной фракцией некоксуемого угля.



а - по технологии Corex; б - по технологии Fastmet

Рисунок 2 - Технологическая схема производства

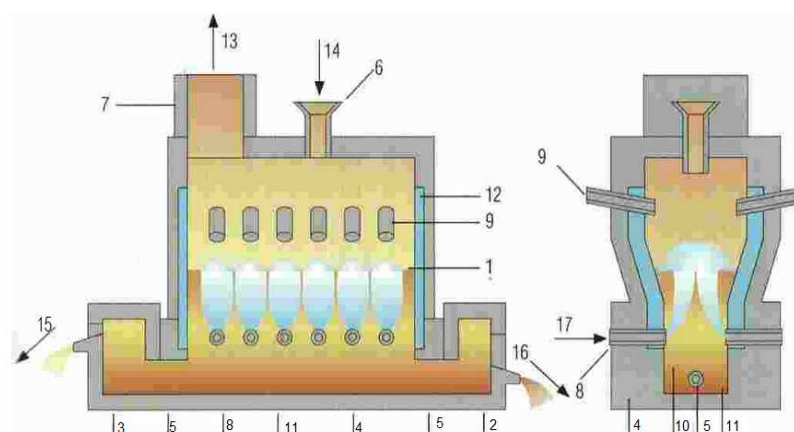
Продуктом восстановления является железо в виде гранул или брикетов, которые могут использоваться как высококачественный сырьевой материал при выплавке стали в дуговой сталеплавильной печи.

Процесс ITmk3 - технология производства чугуна, разработанная японской фирмой Kobe Steel на базе процесса Midrex. Компания определяет ITmk3 как технологию третьего поколения в производстве чугуна. В настоящее время продолжается изучение и совершенствование процесса на промышленном уровне.

Согласно технологии Finmet после подачи в загрузочный бункер сухая железорудная мелочь восстанавливается в серии реакторов с кипящим слоем. Рудная мелочь в первом реакторе предварительно нагревается рециркулирующим газом, поступающим из предшествующего реактора. В каждом последующем реакторе руда все более восстанавливается и нагревается, увеличивая степень своей металлизации. Продукция с высоким уровнем металлизации выгружается из конечного реактора и подвергается горячей обработке для получения горячеприкатированного железа. После разделения брикетов избыточная мелочь возвращается обратно на брикетирующие прессы.

Процессы жидкофазного восстановления пока не получили сколько-нибудь значительного распространения, однако в случае завершения исследований имеют неплохие перспективы.

Одностадийный процесс жидкофазного восстановления по технологии Ромелт (рисунок 3) реализуется в плавильновосстановительной печи прямоугольного сечения и обеспечивает переработку железосодержащих материалов (в виде пыли железной руды, шлаков, шламов) с применением некоксуемых углей и подачей кислорода для барботирования жидкой шлаковой ванны.



1 - шлак в баротажном состоянии 2 - сифон для горячего металла 3 - сифон для шлака 4 - футерованный горн 5 - канал 6 - загрузочный люк 7 - газотвод 8 - нижние фурмы 9 - верхние фурмы 10 - отстоявшийся шлак 11 - горячий металл 12 - водоохлаждающие панели 13 - отходящие газы 14 - шихта 15 - шлак 16 - горячий металл 17 - кислородное дутье

Рисунок 3 - Технология производства железа прямого восстановления методом Ромелт



Возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам металлургической продукции, высокая стоимость сырья и его низкое качество подталкивают металлургические предприятия к использованию в качестве сырья металлизованного железа. Технологий получения металлизованного железа развиваются по пути увеличения энергоэффективности существующих процессов, увеличения сырьевой базы, а также сближение технологических этапов по принципу «руда – сталь».

УДК 669:504

## **ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ХРОМА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО**

**Решетнев О.А., Здоронкова Л.С., Романенко Ю.Е., Лазаревская М.Н.**

**Научный руководитель: кад. тех. наук Лазаревский П.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafamsf@sibsiu.ru*

Рассмотрен вопрос вовлечения в технологический процесс отходов производства углеродистого феррохрома путем рециклинга пыли гидрOMETALLургическим способом с целью извлечения ведущего компонента – хрома. Описан метод производства концентрата химического обогащения путем переработки ферропыли с получением промежуточного полупродукта – монокромата натрия, его дальнейшего восстановления до гидроксида хрома, автоклавное выщелачивание которого позволяет получить хромовый концентрат химического обогащения (КХО). Описан процесс выплавки металлического хрома внепечным алюминотермическим способом.

Ключевые слова: феррохром, рециклинг, монокромат натрия, алюминотермический процесс, хром металлический.

Металлургические предприятия сегодня большое значение придают рациональному использованию внутренних сырьевых ресурсов и утилизации промышленных отходов. В последние годы приоритетным направлением в сфере обращения с текущими отходами ферросплавного производства стало их максимальное вовлечение в технологические процессы, что в свою очередь, способствует сбережению материальных и энергетических ресурсов, снижению себестоимости продукции [1].

Одним из видов техногенных отходов производства высокоуглеродистого феррохрома является пыль (ферропыль), образующаяся в ходе технологического процесса производства ферросплавов и улавливаемая газоочисткой рудовосстановительной печи. При выплавке феррохрома в открытой печи вынос пыли в объеме отходящих газов составляет 50 – 60 г/м<sup>3</sup>, в отдельных случаях достигает 100 г/м<sup>3</sup>. Удельный выход пыли на 1 т феррохро-

ма для открытой печи составляет 25 – 75 кг/т [2]. Пыль от производства феррохрома имеет следующий химический состав, %: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 22,5 – 43,6; SiO<sub>2</sub> 10,0 – 15,5; CaO 0,2 – 0,4%; MgO 25,2 – 33,1; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3,2 – 5,4; FeO 4,1 – 6,0; C 5,4 – 6,2; S 1,0 – 1,2.

С учетом значительного количества образующейся ферропыли и высокого содержания в ней оксида хрома, рециклинг является актуальной задачей в современной технологической схеме производства феррохрома.

По данным рентгенофазового анализа хром в ферропыли присутствует в виде сложного соединения (Mg,Fe)CrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, что требует применения гидрометаллургического способа извлечения ведущего компонента, включающего обработку материала растворами кислот или щелочей и перевод извлекаемого компонента в раствор с его последующим извлечением экстракцией.

Процесс получения хромового концентрата химического обогащения (КХО) состоит из двух этапов:

1) переработки ферропыли с целью перевода хрома из сложного соединения в монохромат натрия и получения концентрированного хромосодержащего раствора;

2) восстановления монохромата натрия до гидроксида хрома с последующим получением КХО.

Технология получения монохромата натрия основана на методике обогащения хромовых руд и включает в себя окислительную прокалку шихты, состоящей из ферропыли и кальцинированной соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> не менее 98 %) [3]. Соотношение компонентов рассчитано стехиометрически по реакции:



Тщательно перемешанные в барабанном смесителе компоненты шихты подвергали окислительной прокалке в муфельной печи при температуре 1150 – 1250 °С в течение трех часов. После охлаждения полученный спек измельчали до фракции менее 50 мкм и подвергали рентгенофазовому анализу. Из результатов рентгенофазового анализа полученного спека, следует, что хром, содержащийся в пыли, образует соединение монохромата натрия. Кроме того, в процессе окислительной прокалки в результате взаимодействия примесей ферропыли (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) с содой образуются силикаты, алюминаты и ферриты натрия.

Для извлечения монохромата натрия из спека использовали водное выщелачивание при объемном соотношении твердой фазы к жидкой 1:1 [0]. Выщелачивание проводили в автоклаве в течение одного часа при температуре 70 – 90 °С. В ходе процесса образовалась пульпа, состоящая из раствора монохромата натрия и шлама. При дальнейшем разделении пульпы в нутч-фильтре был получен раствор монохромата натрия с концентрацией хрома 130 – 150 г/л и шлам химического состава %: 0,9 – 1,2 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 7,4 – 8,5 FeO; 68,3 – 69,4 MgO 15,9 – 16,4 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Содержание примесей в растворе монохромата натрия не превышало 30 мг/л.

На втором этапе получения КХО монохромат натрия восстанавливали

до гидроксида хрома. Процесс основан на автоклавном выщелачивании раствора в течение часа при температуре 140 – 150 °С и давлении 4 – 6 кгс/см<sup>2</sup> с добавлением элементарной серы по реакции [5]:

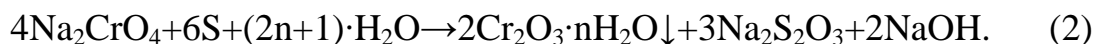
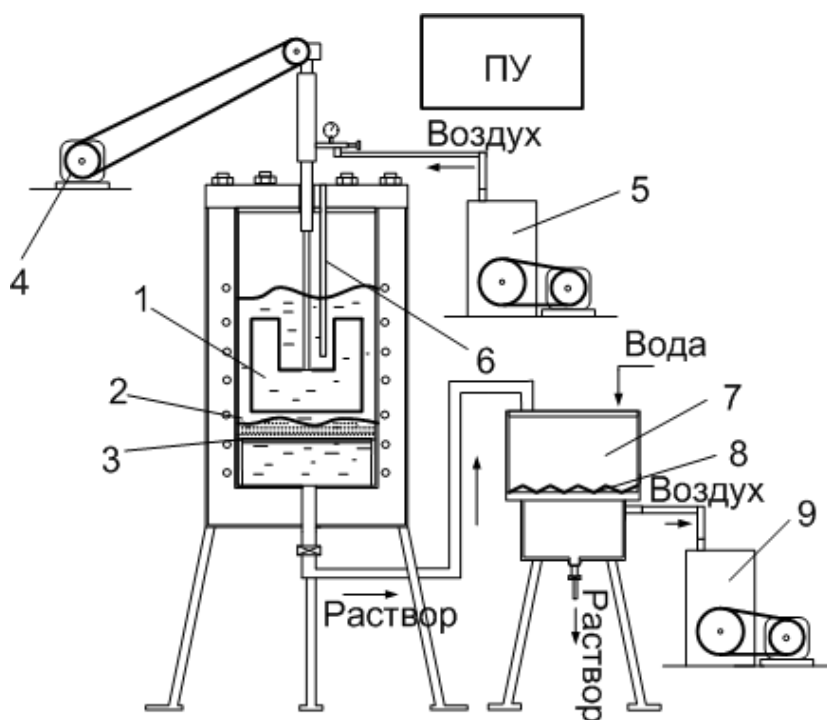


Схема аппаратного оформления приведена на рисунке 1.



- 1 – лопастная мешалка в реакторе (скорость вращения 15 – 20 об/мин);  
 2 – раствор монохромата натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ; 3 – осадок; 4 – электропривод;  
 5 – компрессор; 6 – термопара; 7 – нутч-фильтр; 8 – хлопчатобумажная  
 перегородка; 9 – вакуумный насос

Рисунок 1 – Автоклав с механическим перемешиванием и нутч-фильтром

По истечении часовой выдержки содержимое автоклава перекачивали в нутч-фильтр и промывали проточной водой, на поверхности фильтровальной ткани был обнаружен голубовато-зеленый осадок, в результате дальнейшего нагрева которого при температуре 600 °С получили порошок серо-зеленого цвета содержащий, %:  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  95,8; FeO 3,9.

Гидрометаллургическая переработка пыли производства углеродистого феррохрома позволила получить хромовый концентрат химического обогащения, который можно использовать для получения металлического хрома.

Выплавку металлического хрома проводили внепечным алюмотермическим способом. В качестве шихтовых материалов использовали хромовый КХО ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  95,8 %; FeO 3,9 %), алюминиевый порошок из первичного алюминия, натриевую селитру (> 99,0 %  $\text{NaNO}_3$ ) и плавиковый шпат. Фракция шихтовых материалов менее 1 мм. В качестве запальной смеси применяли

магниевою стружку и калиевую селитру в соотношении 4:1 соответственно. Процесс протекает самопроизвольно за счет тепла экзотермических реакций в течение 20 – 25 минут.

Полученные металл и шлак подвергали рентгенофазовому анализу. Из результатов рентгенофазового анализа следует, что металлическая часть продуктов восстановления представлена в виде хрома. Химический состав, %: 98,0 – 98,5 Cr, 0,4 – 0,5 Si, 0,5 – 0,7 Al, 0,6 – 0,8 Fe, 0,03 – 0,04 C, 0,02 – 0,03 S, 0,02 – 0,03 P. Полученный сплав соответствует ГОСТ 5905-2004.

Рентгенофазовый анализ шлака позволил установить, что в нем содержится металлический хром. Это связано с тем, что шлак в основном состоит из тугоплавкого оксида алюминия, что приводит к запутыванию в шлаке крошечных кусочков металла. В связи с этим требуется проведение мероприятий по снижению температуры плавления шлака и увеличения его жидкоподвижности. Кратность шлака равна 2,4.

На основании проведенных экспериментов и полученных результатов следует, что хромовый КХО, получаемый путем переработки пыли от производства феррохрома, можно применять для производства стандартного металлического хрома.

Таким образом, создание рациональных технологических схем утилизации дисперсных материалов, содержащих целевой элемент выплавляемого ферросплава, является экономически выгодным и экологически обоснованным мероприятием.

#### Библиографический список:

1. Хайбулина Н.Е. Комплексное использование сырья в промышленности / Н.Е. Хайбулина. – Челябинск: Южноуральское книжное издательство, 1986. – с.
2. Байкулатова К.Ш. Вторичное сырье – эффективный резерв материальных ресурсов. / К.Ш. Байкулатова. – Алма-Ата: Казахстан, 1982. – 78 с.
3. Пат. RU (11) 2281250 (13) С2, МПК С01G 37/14 (2006.01). Способ получения монохромата натрия / В.Я. Пиввуев; заявл. 2004.03.02; опубл. 2006.08.10.
4. Пат. (RU 2258039), МПК С01G37/02. Способ получения окиси хрома / В.Я. Пиввуев, Мартин Д.В. – № 2258039; заявл. 2004.03.02; опубл. 2005.08.10.
5. Лазаревский П.П. Ресурсосберегающее получение окиси хрома путем утилизации техногенных отходов / П.П. Лазаревский, И.О. Новиков, К.К. Осадчий. Труды Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество». – Новокузнецк: СибГИУ, 2012. – С. 125 – 127.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ**

**Горохов А.Д., Екатеринбург А.М., Ходосов И.Е., Лазаревская М.Н.**  
**Научный руководитель: канд. тех. наук Лазаревский П.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafamsf@sibsiu.ru*

Изучен вопрос применения длиннопламенных и бурых углей в составе железорудных окатышей, с целью получения металлизированного сырья. Результаты исследований показали, что возможно получение металлизированного сырья при восстановлении железа из оксидов железной руды природными углеродсодержащими материалами.

Ключевые слова: металлизация, угли, железо, окатыши, кокс.

В современной металлургии эффективное функционирование доменного производства невозможно без использования высококачественных железорудных материалов, так как их применение сопровождается существенным снижением расхода дорогостоящего металлургического кокса, увеличением производительности доменной печи, улучшением качества выплавляемого чугуна. Новый ресурсо- и энергосберегающий подход к развитию доменного производства, заключается в применении металлизованного железа. Получение металлизованного полупродукта со степенью металлизации 47 – 53 % и последующая его переработка позволила повысить производительность доменной печи на 8 – 13 %, и снизить расход кокса на 25 – 26 % [1]. Существует множество технологических предложений производства металлизованного сырья с использованием угля [3]. Однако пока нет единого технологического решения, получившего широкое промышленное распространение. Металлургическая ценность металлизованного сырья определяется, прежде всего, содержанием металлического железа, углерода и пустой породы, которые в свою очередь зависят от применяемого восстановителя [2]. Главный недостаток использования твердых восстановителей при получении металлизованных материалов заключается в том, что продукты термического разложения угля ухудшают качество готового материала.

Задача данного исследования – изучение возможностей и условий получения металлизованного материала с использованием природных углеродсодержащих материалов. Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены окатыши размером 8 – 15 мм. из железной руды и восстановителя. Фазовый и химический составы железной руды приведены в таблице 1. В качестве восстановителей использовали угли марок Д – длинно-

пламенный (шахта Инская, г. Белово) и 2Б – бурый (разрез Итатский, Тяжинский р-н.), запасы которых сосредоточены в Кемеровской области. Выбор углей обусловлен их свойствами – пониженной зольностью, высокой реакционной способностью. Для сравнения использовали кокс производства ОАО «Алтай-кокс» (г. Заринск, Алтайский край). Физико-химические свойства и состав золы углеродистых восстановителей приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Фазовый и химический составы железной руды

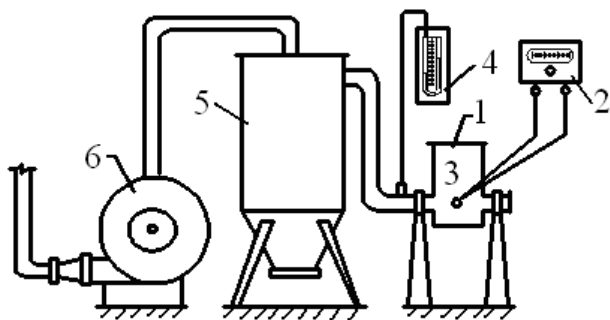
Фазовый состав исходной железной руды							
Много:	гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )						
Присутствует:	магнетит ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гетит ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ), кварц ( $\text{SiO}_2$ ), каоленит ( $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ )						
Немного:	хлорит железа, полевошпат						
Химический состав железной руды, %							
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	CaO	MgO	влага
52,3	14,24	2,51	0,072	0,42	0,94	0,76	5,78
Химический состав железорудного концентрата, %							
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	CaO	MgO	влага
61,2	6,75	2,2	0,02	0,41	1,96	2,31	5,78

Таблица 2 – Физико-химические свойства углеродистых восстановителей [4]

Показатели	Уголь длиннопламенный ш. Инская	Уголь бурый р. Итатский	Коксовый орешек ОАО «Алтай-кокс»
Технический анализ, %			
$A^d$ (зола)	5,64	7,83	11,92
$V^{\text{daf}}$ (летучие)	43,53	46,76	1,83
$W^r$ (влага)	15,4	35,3	5,0
$S^d$ (сера)	0,26	0,68	0,89
Содержание углерода в рабочей массе, %	55,6	49,1	84,6
Реакционная способность, $\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{с}$	4,47	5,47	0,72

Количество восстановителя рассчитывали по стехиометрии на полное восстановление элементов из оксидов железной руды.

Исследования проводили на лабораторной агломерационной установке схема, которой представлена на рисунке 1.



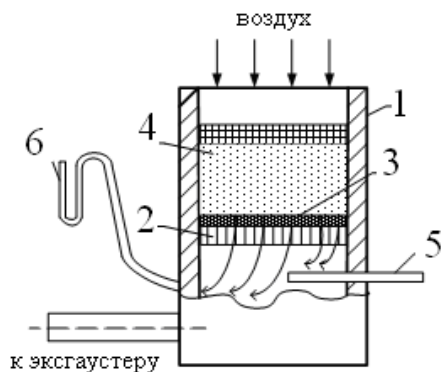
1 – аглочаша; 2 – милливольтметр; 3 – штуцер для термопары;  
4 – манометр; 5 – пылеуловитель; 6 – эксгаустер

Рисунок 1 – Схема лабораторной агломерационной установки

Методика эксперимента состояла в том, что спекание материала производится в агломерационной чаше (рисунок 2).

На колосниковую решетку агломерационной чаши загружали так называемую «постель» высотой 30 – 35 мм, состоящую окатышей крупностью около 25 мм. Затем загружали основное количество окатышей слоем 200 – 250 мм. Для зажигания сверху слоя шихты насыпали коксовую мелочь, затем небольшое количество древесных опилок, смоченных керосином. Стружку зажигали и примерно через 10 секунд под колосниковой решеткой создавали разрежение с помощью эксгаустера (отсасывающий вентилятор), в результате чего с поверхности шихты в слой засасывался атмосферный воздух. Горение поддерживалось за счет кислорода воздуха в результате просасывания его через слой шихты. Зона горения постепенно подвигается сверху вниз и при достижении «постели» процесс спекания заканчивается.

После спекания продукты металлизации извлекали из аглочаши и подвергали химическому и рентгенофазовому анализам.



1 – аглочаша; 2 – колосниковая решетка; 3 – постель; 4 – шихта;  
5 – термопара; 6 – манометр

Рисунок 2 – Схема спекания в лабораторной аглочаше

Из результатов рентгенофазового анализа следует, что основная часть продуктов спекания представлена низшими оксидами железа ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ ) с различными параметрами решетки при этом металлическая часть

Fe<sub>(мет)</sub> присутствует, только в образцах восстановления железа длиннопламенным и бурым углями. В первую очередь это связано с тем, что длиннопламенные и бурые угли по сравнению с коксом имеют высокую реакционную способность. Немаловажное значение имеет теплота сгорания углей. Для бурых и длиннопламенных углей высшая теплота сгорания равна 28,9 – 30,2 и 31,4 – 33,5 мДж/кг, соответственно [5], следовательно, температура процесса внутри окатыша с углями выше, чем при использовании кокса, что объясняет высокую степень металлизации железной руды.

Результаты химического анализа показали, что самое высокое содержание железа в образцах, где применяли длиннопламенные угли по сравнению с образцом, в котором восстановителем являлся уголь бурый. Однако следует учитывать, что высокое значение теплоты сгорания длиннопламенного угля может отрицательно сказаться на промышленном оборудовании, поэтому следует ограничивать его количество.

Результаты исследования показали, что возможно получение металлизированного сырья при восстановлении железа из оксидов железной руды природными углеродсодержащими материалами. Так, степень металлизации окатышей, изготовленных с бурыми и длиннопламенными углями, составляет 88,7 и 89,4 % соответственно. Из-за повышения термичности процесса следует ограничивать количество длиннопламенного угля. Низкая стоимость и распространенность этих углей, а также удовлетворительные физико-механические и химико-металлургические характеристики делают их пригодными для получения металлизированного полупродукта приемлемого качества.

Дальнейшие исследования следует вести в направлении составления оптимальных смесей восстановителей, обеспечивающих окатышам большую прочность, заданную пористость и восстановимость, а так же разработки условий металлизации таких окатышей непосредственно в доменных печах.

#### Библиографический список

1. Ярхо Е. Н. Экономическая эффективность подготовки железных руд к плавке. - М.: Metallurgy, 1974.- 96 с.
2. Люнген Х.Б. Современное состояние процессов прямого и жидкофазного восстановления железа / Х.Б. Люнген, К. Кноп, Р. Стеффен // Черные металлы. – 2007. - №2. - С. 13-25.
3. Буторина И. В. Основы устойчивого развития металлургического производства. - Донецк: Каштан, 2005.-332 с.
4. Альтернативные углеродсодержащие материалы в восстановительных процессах получения марганцевых, хромистых сплавов и металлизированного железа / Рожихина И.Д., Романенко Ю.Е., Лазаревский П.П., Ходосов И.Е. // В сборнике трудов XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия: технологии, управление, инновации, качество» / под ред. Е.В. Протопопова. – Новокузнецк, 2014. – С. 128–134.
5. Угли СССР: Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / И.А. Ульянов [и др.] – М.: Недра, 1975. – 308 с.



## ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

**Долгова В.И., Разуванов В.В., Ходжаев Р.А.**

**Научный руководитель: Ходосов И.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Khodosov@mail.ru*

Рассмотрены процессы получения металлизированных продуктов путем твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд с использованием твердых углеродистых восстановителей. Определены условия образования первичных шлаковых фаз в металлизированных продуктах.

Ключевые слова: твердофазное восстановление, металлизированные продукты, железо прямого восстановления, уголь, отходы углеобогащения.

Одно из основных направлений развития металлургических технологий – это получение материалов с высокими эксплуатационными свойствами: повышенная прочность, хладостойкость, коррозионная стойкость и пр. Одна из проблем, возникающих при производстве высококачественных сталей – это низкое качество и высокая стоимость используемых шихтовых материалов. Традиционно в металлошихте применяют металлический лом и чугун. Использование лома связано с высокой ценой и нестабильным качеством, а именно высоким содержанием примесей цветных металлов, что в итоге снижает качество готовой продукции. Давно известно, что производство чугуна является материало- и энергозатратным процессом. При доменном производстве используют предварительно подготавливаемые железорудный агломерат и дефицитный кокс, что приводит к значительному удорожанию чугуна.

В настоящее время альтернативным сырьем для производства высококачественных сталей является, так называемое, первородное железо прямого восстановления, которое получают путем внедоменного передела железосодержащего сырья. Технологии производства металлизированных продуктов развиваются и совершенствуются с 60-х годов прошлого столетия, и к настоящему времени объем производства внедоменного железа достиг 76 млн. т. в год. В России и в мире железо прямого восстановления в основном получают с использованием в качестве восстановителя конвертированного природного газа. Гранулированную железную руду подают в шахтную печь, где при температурах, не превышающих температур плавления материалов, происходит восстановление оксидов железа. Главные недостатки данных технологий – это высокий расход природного газа, сложный технологический процесс его конвертации и использование только богатых железных руд.

Увеличение объемов производства железа прямого восстановления возможно при замене природного газа углем. Существует множество технологических предложений производства металлизированных материалов с использованием угля. Однако пока нет единого технологического решения, по-

лучившего широкое промышленное распространение. Главный недостаток использования твердых восстановителей при получении металлизированных материалов заключается в том, что продукты термического разложения угля ухудшают качество готового материала.

На кафедре металлургии черных металлов СибГИУ проводится работа по исследованию и разработке энергоэффективной технологии получения высококачественных металлизированных материалов, пригодных для использования при выплавке сталей ответственного назначения. Одно из направлений исследований – изучение процессов твердофазного восстановления оксидов железных руд с использованием в качестве углеродистых восстановителей углей и отходов их обогащения.

При проведении исследований в качестве железосодержащего сырья использовали железную руду и железорудный концентрат. В качестве твердых углеродистых восстановителей применяли коксовый орешек, угли разных технологических марок (уголь длиннопламенный марки – Д; уголь бурый марки – Б2; уголь слабоспекающийся марки – СС) и отходы обогащения углей – «угольный КЕК», полученный в результате обогащения методом флотации углей марок – ГЖ и КС. Составы материалов и технический анализ восстановителей приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Составы материалов и технический анализ восстановителей

Фазовый состав исходной железной руды							
Много:	гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )						
Присутствует:	магнетит ( $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гетит ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ), кварц ( $\text{SiO}_2$ ), каоленит ( $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ )						
Немного:	хлорит железа, полевой шпат						
Химический состав железной руды, %							
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	CaO	MgO	влага
52,3	14,24	2,51	0,072	0,42	0,94	0,76	5,78
Химический состав железорудного концентрата, %							
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S	CaO	MgO	влага
61,2	6,75	2,2	0,02	0,41	1,96	2,31	5,78
Восстановитель	Характеристика						
	Содержание [C] в рабочей массе, %	$A^d$ (зола), %	$V^{\text{daf}}$ (летучие), %	$W^r$ (влага), %			
Уголь - 2Б	49,1	7,83	46,76	35,3			
Уголь - Д	55,6	5,64	43,53	15,4			
Уголь - СС	70,02	6,4	34,3	6,7			
Кек - ГЖ	35,6	21,7	38,8	41,2			
Кек - КС	42,4	25,2	28,7	38,5			
Кокс	84,56	9,41	1,83	3,1			

Исследования проводили с применением методов термодинамического моделирования и проведения активного эксперимента. Полученные расчетным путем данные уточняли в ходе высокотемпературных экспериментов. Высокотемпературные эксперименты проводили с использованием печи сопротивления с графитовым нагревателем, трубчатой печи с молибденовым нагревателем и лабораторной дуговой сталеплавильной печи (ДСП). Из используемых материалов были изготовлены рудовосстановительные композиции различного состава, которые в дальнейшем подвергали грануляции, сушке и восстановительному обжигу. В ходе экспериментов изменяли температуру и время выдержки. Образующиеся газовые фазы отбирали и анализировали на хроматографе. Полученные металлизированные материалы анализировали с применением химических, рентгенографических и спектроскопических методов.

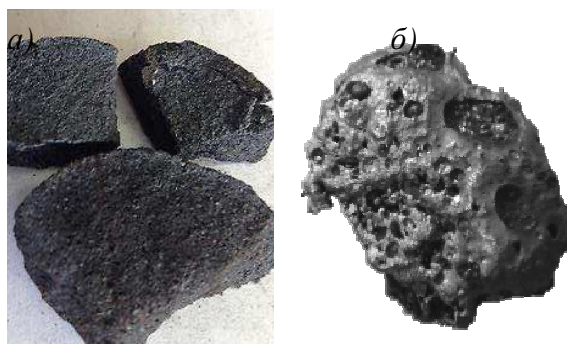
Изучены процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд при разных температурах восстановительного обжига 800, 900, 1000, 1100, 1200 °С с применением различных углеродистых восстановителей. В результате исследований была определена зависимость влияния физико-химических свойств углей и отходов их обогащения на процессы твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд. Получены губчатые металлизированные продукты (рисунок 1, а) с максимальным содержанием металлического железа до 83 %. Губчатое железо было использовано при выплавке стали в ДСП в количестве 30 – 50 % от количества шихтового материала. Состав полученной стали приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты экспериментальных плавов

Количество материала	Содержание элементов в металле, %					Содержание элементов в шлаке, %					
	C	Si	Mn	P	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	C	CaO	SiO <sub>2</sub>	MnO
лом		0,3	0,5	0,094							
30, %	№1	≤ 1,0	0,34	0,4	0,024	8,11	36,17	≤ 1,00	6,83	19,81	2,05
	№2		0,32	0,4	0,025	8,12	36,05		6,80	19,20	2,15
	№3		0,36	0,36	0,026	8,10	36,20		6,75	19,92	2,07
50, %	№4		0,4	0,4	0,036	12,00	29,40		1,88	45,72	2,77
	№5		0,41	0,38	0,035	12,05	29,01		1,9	46,2	2,78
	№6		0,39	0,4	0,034	12,65	29,10		1,75	45,62	2,56

По результатам исследований определены условия образования жидких фаз, что позволило получить продукт с высоким содержанием металлического железа более 98 %. Полученный материал представляет собой металлические гранулы. При достижении определенной степени металлизации восстановленные оксиды железа, оксиды пустой породы железной руды и зольного остатка угля образуют первичный шлак, дальнейшее увеличение

температуры до 1300 °С приводит к образованию жидкоподвижного шлака и разделению шлаковой и металлической фаз (рисунок 1, б). Далее происходит образованию капель металла и отделение шлаковой составляющей.



а – температура изотермической выдержки 1200 °С;  
б – повышение температуры изотермической выдержки до 1300°С.

Рисунок 1 - Металлизированный материал

В результате исследований экспериментально подтверждена возможность получения высококачественного металлургического сырья путем переработки железных руд, углей и отходов их обогащения. Полученные данные могут быть использованы при разработке современных технологий комплексной переработки природных ископаемых, а получаемые материалы – в качестве металлошихты при производстве металлургической продукции с высокими эксплуатационными свойствами.

#### Библиографический список

1. Юсфин Ю.С. Металлургия железа / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.
2. Люнген Х.Б. Современное состояние процессов прямого и жидкофазного восстановления железа / Х.Б. Люнген, К. Кноп, Р. Стеффен // Черные металлы. – 2007. - №2. - С. 13-25.
3. Штумпф Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М: Недра, 1994. – 447 с.
4. Ходосов И.Е. Получение чистого железа путем внедоменной переработки железных руд и углей Кузбасса / И.Е. Ходосов, О.И. Нохрина // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента. – Новокузнецк, 2014. – С. 378–380.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РАДИАЛЬНЫХ ПЕРЕТОКОВ ПРИ ЦИКЛОННОМ ДВИЖЕНИИ

**Зибиров А.Н.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Стерлигов В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье выдвигается гипотеза о том, что неравномерность давления по радиусу при циклонном (вращательном) движении, давление среды может быть использовано для достижения технологических целей. Заявленная гипотеза состоит в том, что существует возможность реализовать особенности циклонного движения для различных технологических целей при организации радиальных перетоков во вращающейся среде. Это явление может быть использовано в различных технических устройствах, где реализуется вращательное движение жидкости.

Ключевые слова: циклонное движение, неравномерность давления по радиусу, радиальный переток, давление среды по радиусу.

Одним из очень распространенных видов движения среды является циклонное движение, которое заключается во вращательном перемещении среды. При этом за счет центробежных сил возникает характерное распределение давления среды по радиусу. Самый простейший случай – движение воды при помешивании в чайном стакане. Для технологических процессов это особенность используется в различных устройствах и технологиях – циклоны, улавливающие пыль, интенсификация перемешивания в различных устройствах, и хотя это является очевидным, параболическое распределение давления (для жидкости – уровня) не используется нигде. Гипотезой настоящей работы является заявление о том, что неравномерность давления по радиусу при циклонном (вращательном) движении, давление среды может быть использовано для достижения технологических целей. Заявленная гипотеза состоит в том, что существует возможность реализовать особенности циклонного движения для различных технологических целей при организации радиальных перетоков во вращающейся среде.

Характер распределения давления во вращающейся жидкости определяется уравнением для избыточного давления.

Характер распределения давления во вращающейся жидкости определяется уравнением для избыточного давления:

$$\frac{P_{изб}}{\gamma} + z = h + \frac{(wx)^2}{2g}.$$

$$P_{изб} = (h - z)pg + \frac{(wx)^2}{2}p.$$

где  $w$  – частота вращения  $1/c$ .

$\gamma$  – удельный вес жидкости.

Остальные величины обозначены на рисунке 1.

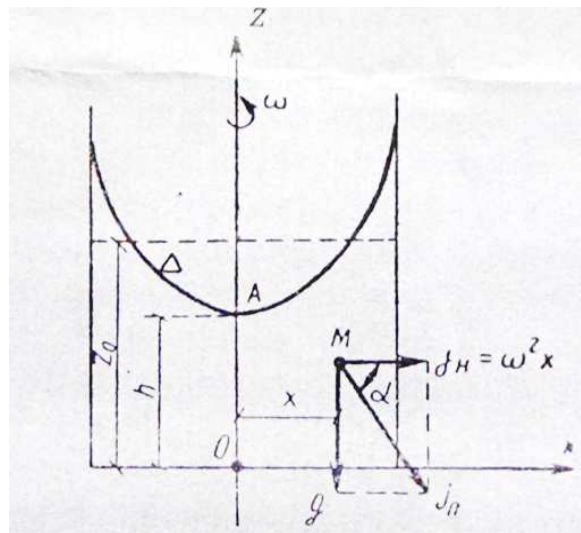


Рисунок 1 - Относительное равновесие при вращении жидкости

Из рисунка видно, что между приосевой областью и периферией потока существует значительный перепад давления. Была высказана гипотеза, что при соединении этих областей, каналом, вынесенным за пределы вращающегося объема (т.е. при  $w=0$ ), могут возникнуть радиальные направления к центруперетоки.

Это явление может быть использовано в различных технических устройствах, где реализуется вращательное движение жидкости. Поэтому были проведены опыты по проверке гипотезы, которые подтвердили возникновение радиальных перетоков. Опыты проводились в цилиндрическом стакане из прозрачного материала, в котором за счет механической мешалки создавалось вращательное движение с характерной параболической поверхностью, дающий разное давление жидкости по радиусу. В периферических точках были выполнены отверстия, соединенные с прозрачными трубочками, второй конец которых был подведен к центральной приосевой зоне потока.

При наблюдениях, зафиксированных фото и видеосъемкой, было замечено движение от периферии к центру. Для визуализации движения в трубку шприцем вводился воздух, пузырьки которого перемещались по трубкам. Визуализация производилась и за счет ввода малых доз красителя, что тоже подтвердило наличие радиальных перетоков. При отсоединении трубочек от центральной зоны осуществляется слив в мерную мензурку-все это было доказательством правильности выдвинутой гипотезы.

Подтверждение высказанной гипотезы открывает путь для технической реализации этого явления. Простейшим примером могут служить мешалки

которые в большом многообразии используются для растворения твердых веществ в исследованиях и технологиях (биология, медицина, химические процессы). Наблюдения показывают, что при работе таких мешалок всегда возникает явление скопления труднорастворимого остатка в центре на дне. Введение струек радиального перетока будет размывать это скопление, и отбрасывать твердые частицы на периферию где существуют более высокие скорости и, отсюда, быстрее происходит растворение твердых веществ.

Другими распространенными в технике устройствами с таким движением потока являются циклоны, они широко используются для различных целей (очистка газов, осаждение частиц, сжигание топлива и др.). Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены различные варианты использования радиальных перетоков на базе обнаруженного явления.

#### Библиографический список

1. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика/ А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев/ М, Стройиздат; 1975, 323 с.

УДК 669.046

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕНИЯ БОРСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ МАРОК 20Г2Р И 30Г1Р ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ НАГРЕВЕ**

**Коноз К.С., Темлянцева Е.Н., Базайкин В.И.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Темлянцев М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: uchebn\_otdel@sibsiu.ru*

В статье представлены результаты исследования кинетики окисления среднеуглеродистых борсодержащих сталей марок 20Г2Р и 30Г1Р, получивших широкое распространение для изготовления изделий методами холодной объемной штамповки. На основе экспериментальных данных для осуществления прогнозных расчетов получены соотношения, позволяющие определять угар в зависимости от температурно-временного фактора.

Ключевые слова: борсодержащие стали, высокотемпературный нагрев, окисление.

Бор является одним из распространенных компонентов высокопрочных низколегированных сталей. Он способствует интенсивному измельчению структуры при ускоренном охлаждении. Микродобавки бора позволяют экономить такие остродефицитные легирующие элементы как никель, хром и марганец не снижая качества и комплекса свойств стали. Положительно микролегирование бором сказывается на прокаливаемости и закаливании конструкционных сталей. Высокий уровень характеристик прокаливаемости при значительно меньшем, чем в легированных сталях, содержании леги-

рующих элементов, и при меньшем, чем в среднеуглеродистых сталях, уровне закаливаемости, позволяет применять стали легированные бором при производстве деталей, в том числе крепежа для автомобилей. Особенности борсодержащей стали являются их высокая технологическая пластичность, благоприятное соотношение прочностных и пластических свойств в отожженном и термоупрочнённом состояниях.

В настоящее время для изготовления высокопрочных изделий (крепежа), получаемых методами холодной объемной штамповки (высадки) широкое распространение получили борсодержащие стали 20Г2Р и 30Г1Р. Круглый прокат из таких сталей получают на сортовых или проволочных станах посредством горячей прокатки заготовок. Нагрев заготовок перед прокаткой осуществляют в методических печах, при этом контакт нагретого металла с окислительной печной атмосферой сопровождается безвозвратными потерями стали с угаром. Для разработки малоокислительных температурных режимов нагрева металла необходимы практические данные о закономерностях влияния температуры и времени нагрева на кинетику окисления стали. Анализ специальной технической литературы [1 – 5] показывает, что особенности высокотемпературного окисления углеродистых и легированных марганцем и кремнием сталей, изучены достаточно хорошо, однако данные по влиянию на этот процесс бора фактически отсутствуют.

В настоящей работе проведено исследование кинетики высокотемпературного окисления и обезуглероживания сталей марок 20Г2Р следующего химического состава, %: 0,2 С; 0,26 Si; 1,20 Mn; 0,2 Cr; 0,04 Ti; 0,011 S; 0,026 P, 0,002 В, и 30Г1Р следующего химического состава, %: 0,304 С; 0,167 Si; 1,23 Mn; 0,269 Cr; 0,026 Ti; 0,004 S; 0,010 P, 0,0027 В. При проведении лабораторных экспериментов использовали цилиндрические образцы, которые вырезали из отрезков (стержней) круглого проката диаметром 10 и 17 мм соответственно. Перед вырезкой образцов стержни отжигали и обтачивали на токарном станке с целью полного удаления обезуглероженного слоя. Нагрев образцов проводили в электрической печи сопротивления СУОЛ-0,25.1/12,5-И1 с нагревателями из карбида кремния в атмосфере воздуха.

Для определения зависимости угара от температурно-временного фактора использовали дискретный гравиметрический метод, основанный на убыли массы образцов, которые нагревали до температур 950, 1050, 1150, 1200 и 1250 °С и выдерживали при постоянной температуре в течение 5, 20 и 35 мин. Время разогрева образцов от 20 °С до температуры выдержки составляло 3 – 5 мин, причем в области температур ниже начала интенсивного окисления (до 800 °С) – порядка 3 мин. При выдержке температура образцов менялась в пределах 5 – 10 °С. Температуру образцов измеряли хромель-алюмелевой термопарой и фиксировали прибором «Термодат 19Е2». До и после опытов геометрические размеры образцов измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм, массу определяли на



весах Vibra AF-220CE с точностью до 0,1 мг. Для удаления окалины с поверхности образцы подвергали травлению в подогретом до 40 – 60 °С 10 %-ном растворе серной кислоты с добавлением в качестве ингибитора 0,1 г/л тиомочевины. При обработке экспериментальных данных считали, что зависимость угара (или толщины окисленного слоя) от времени подчиняется закону квадратного корня.

Для прогнозных расчетов угара получено соотношение [6], позволяющее определить угар в зависимости от температуры и времени нагрева:

$$\text{для стали марки 20Г2Р } Y = 3,46 \cdot \exp(-7060/T) \cdot \sqrt{\tau}.$$

$$\text{для стали марки 30Г1Р } Y = 62 \cdot \exp(-11120/T) \cdot \sqrt{\tau}.$$

На рисунке 1 для исследуемых марок сталей представлена зависимость логарифма константы скорости окисления от температуры  $T$ , К. Сталь марки 20Г2Р, с меньшим по сравнению со сталью марки 30Г1Р содержанием углерода, при температурах менее 900 °С окисляется более интенсивно.

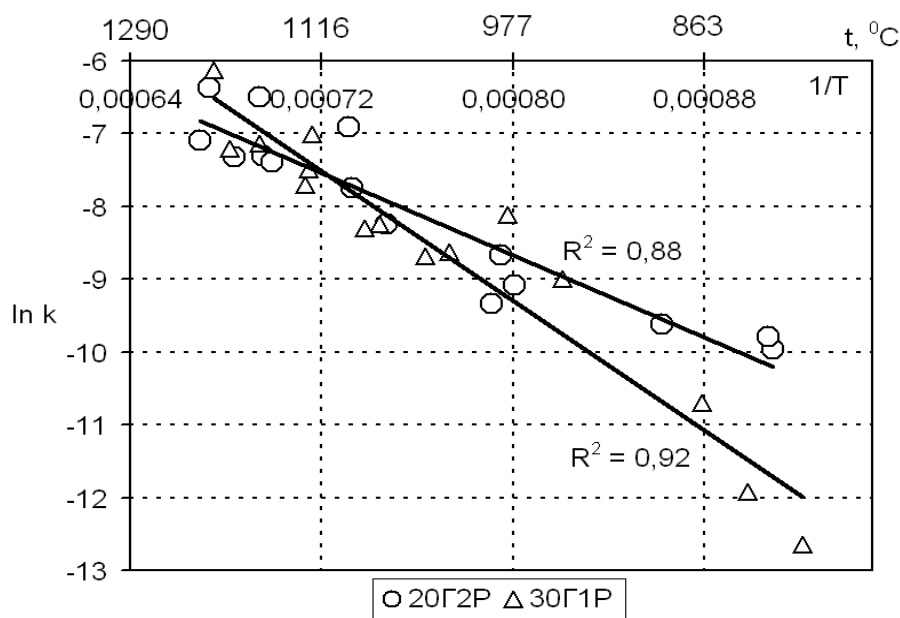


Рисунок 1 – Зависимость логарифма константы скорости окисления от температуры для исследуемых сталей

#### Библиографический список

1. Темлянцев М.В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М.В. Темлянцев, Ю.Е. Михайленко.- М.: Теплотехник, 2006.- 200 с.

2. Окисление углеродистых конструкционных сталей при нагреве в атмосфере воздуха под обработку давлением / М.В. Темлянцев, В.С. Стариков, Н.В. Темлянцев, Б.К. Журавлев // Заготовительные производства в машиностроении.- 2004.- №5.- С.44-46.

3. Корочкин Е.И. К вопросу о влиянии углерода на окисление стали /

Е.И. Корочкин, А.А. Калинин, А.А. Борисовский // Изв. вуз. Черная металлургия. – 1971.- № 8.- С. 11, 12.

4. Темлянцев М.В. Исследование окисления низколегированных кремнемарганцовистых сталей при нагреве в электрических печах сопротивления / М.В. Темлянцев, В.С. Стариков, Б.К. Журавлев, Н.В. Темлянцев // Изв. вуз. Черная металлургия.- 2004.- № 4.- С.47-49.

5. Темлянцев М.В. Исследование окисления и обезуглероживания сталей для рельсов и рельсовых накладок при нагреве под прокатку / М.В. Темлянцев, В.С. Стариков, Н.В. Темлянцев, А.Ю. Сюсюкин // Изв. вуз. Черная металлургия.- 2004.- № 8.- С.36-38.

6. Перетятыко В.Н. Нагрев стальных слябов / Перетятыко В.Н., Темлянцев Н.В., Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е.– М.: Теплотехник, 2008.– 192 с.

УДК 662.8

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛЕВИДНЫХ ОТХОДОВ ТУШЕНИЯ КОКСА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**Казимиров С.А.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Темлянцев М.В.,  
д-р. тех. наук, профессор Школлер М.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: stepankazimirv@rambler.ru*

Рассмотрены способы утилизации пылевидных отходов установок сухого тушения кокса (УСТК). Представлены результаты исследования физико-химических и теплоэнергетических свойств коксовой пыли. Изучены процессы теплообразования при взаимодействии с кислородом пыли УСТК совместно с такими интенсификаторами процесса воспламенения, как уголь марки Г, так и буроугольным полукоксом (БПК) в составе смеси с трудно-воспламеняемыми углями марки Т.

Ключевые слова: пылеугольное топливо; буроугольный полукокс; коксовая пыль; окисление; уголь; доменное производство.

В процессе охлаждения металлургического кокса на установках сухого тушения кокса (УСТК) образуется значительное количество коксовой пыли. Объемы образования коксовой пыли весьма велики, в среднем на одном коксохимическом предприятии около 18–25 тыс.т /год.

Основные направления использования этого высокоуглеродистого материала на предприятиях полного металлургического цикла – процесс агломерации или корректировка содержания углерода в стали – не в полной мере являются целесообразными. В первом случае увеличивается пылеунос и снижается газопроницаемость слоя аглошихты; во втором – наряду с углеродом в сталь вносятся многие минеральные соединения, входящие в состав

золы. В то же время широкое распространение за рубежом, а последние годы и в РФ получила технология выплавки чугуна с вдуванием в горн доменной печи пылеугольного топлива (ПУТ).

Для производства ПУТ чаще всего используют смесь из 2–3 типов углей, причем, как правило, один из компонентов смеси – это уголь с высоким выходом летучих веществ, обеспечивающий быстрое воспламенение топлива. Однако деструкция углей с высоким выходом летучих веществ требует значительных затрат тепла, и это существенно снижает коэффициент замены кокса, но в мировой практике почти нет примеров использования для этой цели коксовой пыли, хотя этот путь утилизации такого высокоуглеродистого материала представляется более целесообразным, чем традиционная его подача в шихту агломерационных производств.

Проблема использования пылевидных отходов процесса сухого тушения кокса в качестве ПУТ связана с тремя аспектами: повышенной температурой воспламенения, низкой химической активностью, повышенной абразивностью. Ранее были показаны эффективность использования мелкодисперсного бурогоугольного полукокса (БПК) в качестве инициатора зажигания трудновоспламеняемых углей марки Т с низким выходом летучих веществ и способ снижения его абразивной способности [1].

В связи с этим были исследована возможность посредством добавок БПК инициировать зажигание ПУТ, в составе которого были бы не только угли марки Т, но и пылевидные отходы процесса сухого тушения кокса.

Пробы пыли УСТК (ПК) были отобраны на коксохимическом производстве ОАО ЗСМК, пробы БПК получены на опытно-промышленной установке разреза «Березовский-1» при термоокислительном режиме пиролиза по технологии «Термококс» [2]. Конечная температура производства полукокса 750–800 °С.

Основные показатели физико-химических свойств представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства КП и БПК

Материал	Технический анализ, %					Элементарный анализ <i>daf</i> , %			
	$W^a$	$A^d$	$V^{daf}$	$S^d$	$P^d$	C	H	N	O
КП	0,25	13,60	1,60	0,43	0,052	97,5	0,5	1,7	0,3
БПК	1,17	8,59	8,31	0,12	0,003	90,8	1,0	2,0	6,2

Из данных табл. 1 следует, что оба материала являются высокоуглеродистыми низкосернистыми и сравнительно низкзолельными веществами. Следует отметить, что реакционная способность БПК по  $CO_2$  почти в 20 раз превышает таковую пылевидного кокса.

В основу методики исследования были положены разработки, выполненные в Томском политехническом университете (ТПУ) и Кузнецком центре Восточного научно-исследовательского углехимического института [3, 4].

Из полученных данных (рисунок 1) видно, что взаимодействие пыли

УСТК с кислородом начинается и заканчивается при более высоких температурах, чем у БПК. Пик максимума тепловыделения при окислении БПК наблюдается около 330 °С, при окислении коксовой пыли он формируется при более высокой температуре, около 580 °С. В то же время диапазон температур, в котором реализуется процесс тепловыделения при окислении пыли УСТК существенно шире, чем у БПК, что может иметь положительное значение для ее использования в качестве технологического пылеугольного топлива.

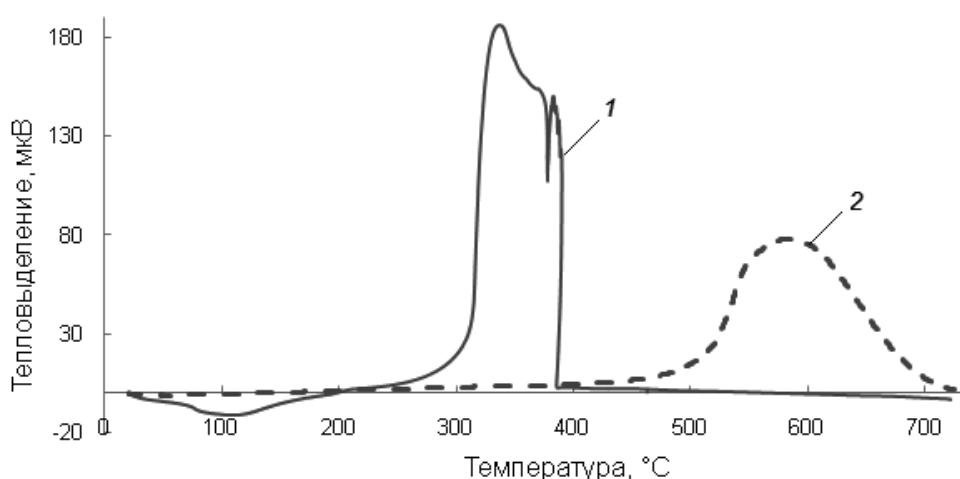


Рисунок 1 – Зависимость динамики тепловыделения от температуры при окислении БПК (1) и пыли УСТК (2)

Количество выделенного тепла определяли по площадям пиков, которые по данным [4], прямо пропорциональны изменению энтальпии. Количество тепла при окислении пыли УСТК выше, чем при окислении БПК.

Сравнение особенностей процесса теплообразования при взаимодействии с кислородом БПК и КП приводит к предположению, что их совместное применение в качестве пылеугольного топлива (ПУТ) может быть фактором оптимизации его свойств. Существенным недостатком такой смеси является ее высокая абразивность.

При наличии в составе ПУТ кокса и полукокса его теплопроводность и температуропроводность увеличиваются. По данным В. В. Померанцева [5], эти показатели у полукокса почти в 1,5 раза выше, а у кокса – почти в 2 раза выше по сравнению с углем. Теплопроводность угля марки Т примерно в 1,2 раза выше таковой у угля марки Г, но в целом теплофизические свойства проб 1 и 2 примерно одинаковы, поскольку в пробе 1 отсутствует полукокс и содержание частиц коксовой пыли значительно выше.

Поэтому определяли динамику тепловыделения при окислении в кислороде смесей угля марки Г с коксовой пылью в соотношении 1:1 (проба 1) и угля марки Т в соотношении 1:1 со смесью коксовой пыли и буроугольного полукокса (проба 2). На рисунке 2 приведены результаты окислительного процесса пылеугольных композиций.

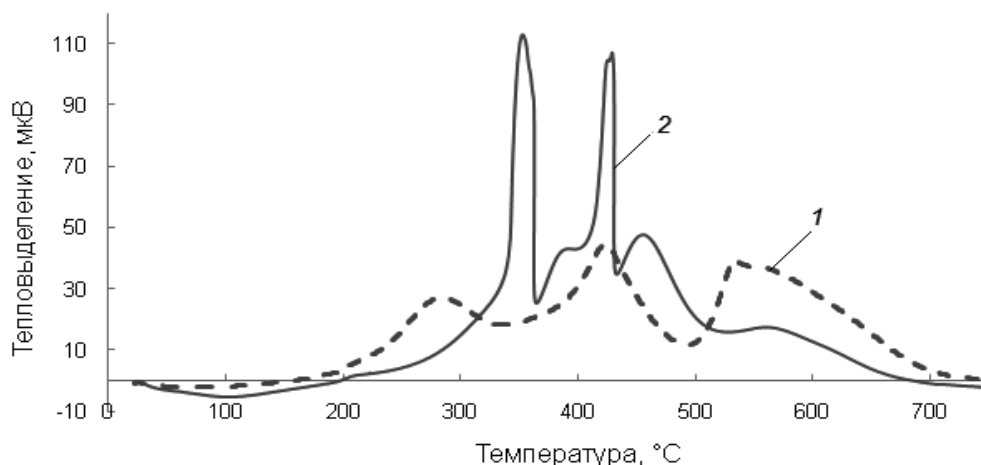


Рисунок 2 – Зависимость динамики тепловыделения от температуры при окислении пылеугольных композиций проб 1 и 2 (состав проб – в тексте)

Процесс окисления пробы 2 протекает более интенсивно, и заканчивается раньше, а общее тепловыделение, определенное по площадям пиков, более чем 1,5 раза превышает тепловыделение при окислении пробы 1. Вероятно, это возникает вследствие меньших затрат тепла на деструкцию угля с низким выходом летучих веществ.

Таким образом, инициацию зажигания коксовой пыли можно осуществлять как за счет раннего воспламенения угля с высоким выходом летучих веществ, так и посредством ввода в состав ПУТ БПК. При этом использование материалов с низким выходом летучих веществ, являющихся по действующим нормативам бездымным топливом, предоставляет возможность улучшить экологические показатели процесса выплавки чугуна в доменных печах.

Применение БПК в качестве инициатора зажигания может быть весьма эффективным с точки зрения экономии кокса, так как он имеет более низкий выход летучих веществ, к тому же состоящих в основном из CO и H<sub>2</sub>, являющихся восстановителями.

Технико-экономические исследования, выполненные в 2007 г. Донецким национальным техническим университетом, подтвердили высокую эффективность использования БПК в качестве ПУТ для доменных печей [6].

*Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки на выполнение СибГИУ научно-исследовательской работы № 2555.*

#### Библиографический список

1. Школлер М. Б. Полукоксование каменных и бурых углей. Новокузнецк, 2001.- 252 с.
2. Исламов С. Р. Энерготехнологическая переработка угля. Красноярск: ООО «Поликор», 2012.-224 с.
3. Родькин С. П., Казачков А. И., Зорин А. Т. Дериватографический метод исследования коксов в окислительной среде // Кокс и химия, № 8, 1984.- С. 22 - 26.

4. Белихмаер Я. А., Смольянинова Н. М., Смольянинов С. И. Техника эксперимента. Томск : Изд-во ТПИ, 1983. 84 с.

5. Померанцев В. В., Шестаков С. М. и др. Расчет суммарного теплообмена в топке котла, работающего по схеме низкотемпературного вихревого сжигания немолотого топлива // Изв. вузов. Энергетика., № 11, 1981.- С. 37-42.

6. Исламов С. Р., Ярошевский С. Л., Кузин А. В., Афанасьева З. К. Использование бурогоугольного полукокса в качестве пылеугольного топлива в доменной плавке. Донецк: УНИТЕХ, 2008. 68 с.

УДК 621.783.22 (075)

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ФУТЕРОВКИ БАЛОК ПЕЧИ С ШАГАЮЩИМ ПОДОМ БЕТОННЫМИ МОНОЛИТНЫМИ БЛОКАМИ**

**Лебедев Н.В., Гончарук М.С.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [archimih@mail.ru](mailto:archimih@mail.ru)*

Исследована возможность и целесообразность замены кирпичной кладки пода печи на бетонную трехслойную с удалением облицовочных стальных плит, в результате чего ожидается снижение расхода топлива, повышение качества нагрева металла и уменьшение износа огнеупорных материалов в футеровке пода.

Ключевые слова: печь с шагающим подом, кирпичная кладка, бетонные блоки, расход топлива, качество нагрева металла, износ футеровки.

В настоящее время одной из важных проблем металлургии является индустриализация наиболее сложной области печестроения – футеровки тепловых агрегатов, где, в основном, используется мелкоштучная кирпичная кладка, трудоемкая в изготовлении и эксплуатации. Одним из путей решения данной проблемы является разработка технологии изготовления и применения жаростойких бетонов и совершенствование составов керамических огнеупорных материалов.

*Огнеупорные бетоны* – это смеси огнеупорных заполнителей и цементов, которые при затвердевании превращаются в камнеподобный материал, способный при длительном воздействии высоких температур сохранять заданные механические свойства.

Преимущества огнеупорных бетонов по сравнению со штучными изделиями:

- сокращение времени, стоимости строительства и ремонтов;

- технологичность укладки и монтажа;
- упрощение работ по исполнению футеровок сложных геометрических конструкций;
- отсутствие многочисленных швов в монолитной футеровке;
- низкие затраты труда при укладке;
- ремонтпригодность футеровки;
- быстрые холодные и горячие ремонты, которые могут производиться без остановки печи;
- более высокая стойкость футеровки против резких колебаний температуры.

В отличие от штучных огнеупоров жаростойкие бетоны являются безобжиговыми материалами, их огневая обработка осуществляется в тепловом агрегате в процессе его пуска и эксплуатации. Жаростойкие бетоны как эффективный футеровочный материал можно использовать в виде крупных блоков, что сокращает количество швов, а также в монолитном варианте.

Основной причиной износа подин нагревательных печей является коррозионное воздействие оксидов железа, образующихся при окислении заготовок. При 1200-1350 °С металл интенсивно окисляется, и образующиеся железистые оксиды активно взаимодействуют с большинством огнеупорных материалов. Затем железистые оксиды проникают внутрь пор огнеупорного материала и вызывают интенсивное разбухание, приводящее к разрушению огнеупорного материала.

Другой причиной разрушения огнеупоров в нагревательных печах является механический износ при загрузке, выгрузке и передвижении технологического материала, а также термические напряжения.

Для футеровки балок в нагревательных печах с шагающим подом перспективным решением является применение бетонных блоков. Использование огнеупорного бетона с высоким содержанием  $Al_2O_3$  для футеровки верхнего рабочего слоя позволяет отказаться от металлической облицовки балок, выполняемой из дорогостоящего жароупорного стального литья. При этом улучшается качество и экономичность нагрева, так как металлическая облицовка способствует интенсивному отводу тепла в щели между балками, в результате чего увеличивается неравномерность нагрева заготовок и расход топлива.

Преимущества монолитных футеровок – это также технологичность укладки и монтажа, отсутствие многочисленных швов, низкие трудозатраты при укладке, дальнейшая ремонтпригодность футеровки. Необходимо отметить, что успешная работа футеровки – это не только хорошо подобранная смесь, но и инженерная задача по выбору вида и толщины футеровки, системы армирования, технологии нанесения и расчета температурных швов. Модернизация существующих футеровок (как кирпичных, так и выполненных из бетона) позволяет повысить продолжительность службы, увеличить срок межремонтного пробега, уменьшить затраты на содержание и ремонт.

Жаростойкие бетоны успешно применяют во многих тепловых агрегатах и строительных конструкциях. Высокая эффективность неформованных материалов определяется легкостью выполнения футеровки торкретированием либо заливкой бетоном в сочетании с высокой устойчивостью к тепловым, термическим, механическим нагрузкам, химической и абразивной устойчивостью.

Огнеупорные бетоны поставляются в виде готовых к применению масс или смесей, требующих смешивания с затворителем и предназначаются для изготовления блочных и монолитных футеровок, ремонта огнеупорной кладки тепловых установок. При их укладке применяется трамбование, лифье, торкретирование и вибрирование.

Применение жаростойкого бетона более предпочтительно по сравнению с огнеупорной кирпичной кладкой, так как последняя расширяется при нагревании, что требует устройства температурных швов. Бетон на глиноземистом цементе может быть применен в монолитном или сборном исполнении (со стыками впритык) точно по требуемым форме и размеру. При температурах до 950° С для теплоизоляции может быть использован легкий бетон на глиноземистом цементе и легком заполнителе.

Вариант замены кирпичной кладки пода в сварочной и томильной зонах печи с шагающим подом на бетонную футеровку представлен на рисунке 1.

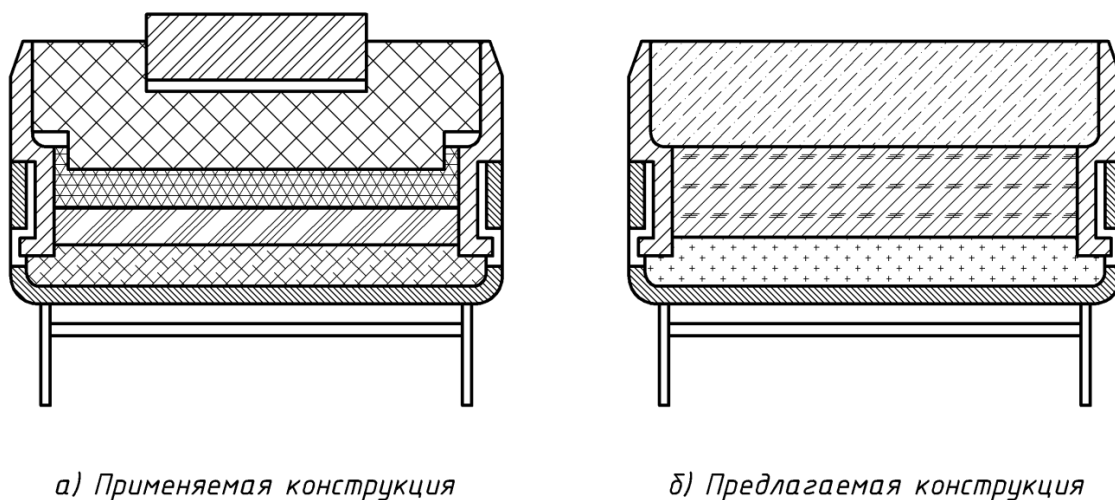


Рисунок 1 – Схема замены подины печи

В результате такой замены ожидается снижение расхода топлива, повышение качества нагрева металла за счет отказа от металлической облицовки балок, т.к. она способствует интенсивному отводу тепла в щели между балками. Также предполагается уменьшение простоев печи, сокращение длительности ремонтов и уменьшение износа огнеупорных материалов в футеровке пода. Следует, однако, отметить, что многообразие конструкций нагревательных и термических печей требует дифференцированного подхода при выборе огнеупорных изделий для футеровки этих печей.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШИХТ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКАТЫШЕЙ

Вайнер Е.А., Топорова К.С., Мазурина Н.А.

Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, evgenia.vainer28@gmail.com*

Выполнены экспериментальные исследования процесса напыления железосодержащих шихт, применяемых в производстве окатышей.

Ключевые слова: железосодержащие шихты, железосодержащие окатыши, твердое топливо, известняк, процесс напыления.

Целью работы являются экспериментальные исследования по влиянию содержания твердого топлива и известняка в железорудной шихте на процесс напыления железорудных материалов на шихтовый гарнисаж.

Железорудные окатыши – это перспективное металлургическое сырье, обладающее высокими потребительскими свойствами. Окатыши характеризуются более высокой восстановимостью, механической прочностью, повышенным содержанием железа. Технология производства окатышей отличается более низкими энергетическими затратами и себестоимостью готовой продукции. При производстве окатышей выше культура производства и существенно меньше экологическая нагрузка на окружающую среду. Окускование железорудных материалов в окатыши необходимо для получения прочного кускового продукта, являющегося сырьем для экстракции первичного металла (чугуна) в доменных печах и для получения металлизированного материала в шахтных агрегатах, необходимого для выплавки стали в сталеплавильных электродуговых печах [1,2].

Схема получения окатышей по технологии принудительного зародышеобразования включает дозирование концентрата, известняка, угля, воды и перемешивание их в смесителе, зародышеобразование напылением и доокомкование зародышей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема получения железорудных окатышей по технологии принудительного зародышеобразования

Подготовленная шихта участвует в процессе принудительного зародышеобразования путем напыления ее на шихтовый гарнисаж окомкователя и последующего деления напыленного слоя шихты на мерные фрагменты, которые составляют зародышевую массу для получения окатышей [3].

Методика эксперимента включала дозированное введение в шихту известняка по массе, равной 0,2,4,6,8,10 %, бентонита 1 % и воды в количестве 10 %. Аналогичную шихтовку делали с твердым топливом. После тщательного перемешивания всех компонентов, шихту протирали через сито с ячейкой 0,2 мм для усреднения состава шихты. У сырых образцов определяли геометрические размеры и массу, после чего рассчитывали плотность. После высушивания образцов определяли их влажность, геометрические размеры, рассчитывали усадку. Образцы, которые помещались в эксикатор, взвешивались на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

В работе исследовали влияние содержания твердого топлива ( $Y, \%$ ) и известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) на показатели процесса напыления (коэффициент напыления  $K, \%$ ), и параметры напыленного слоя (относительный диаметр  $\alpha/\alpha_{CA}$ , высоту  $h, \text{мм}$ , плотность,  $\rho, \text{кг/м}^3$ , прочность,  $\Pi, \text{кПа}$ ). Результаты экспериментов показаны на рисунках 2, 3.

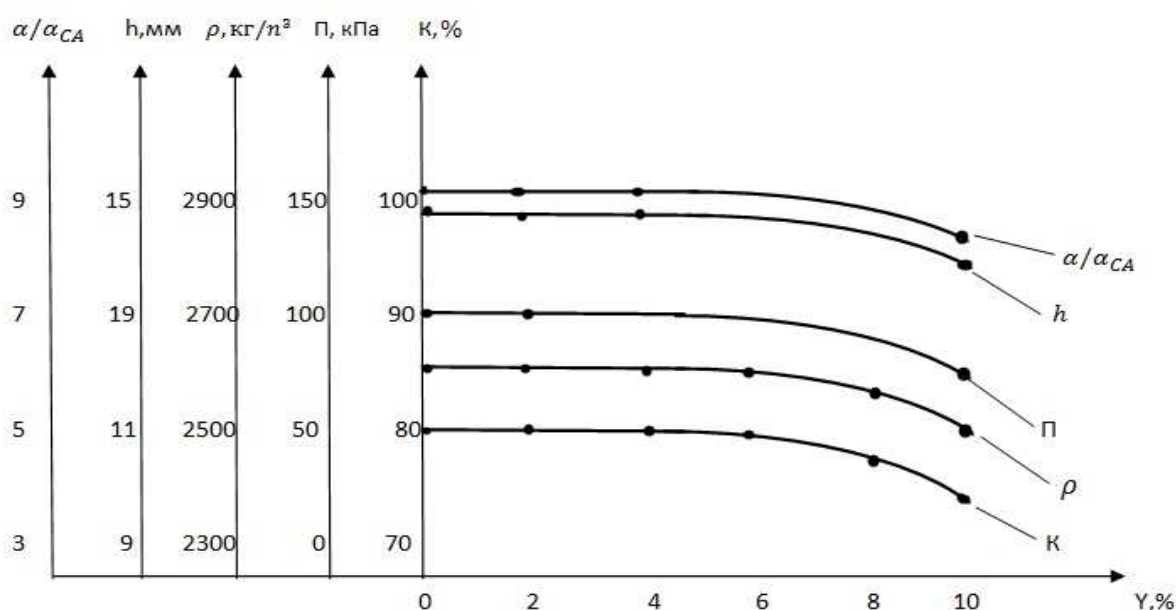


Рисунок 2 – Зависимость параметров напыления от содержания твердого топлива в шихте

Установили, что с увеличением добавок угля в шихте от 0 до 10 %, все показатели напыленного слоя и процесса напыления снижаются. Причем до содержания, равного 4 % это снижение незначительное. Начиная с содержания угля более 6 %, параметры напыленного слоя и процесса напыления резко падают. Причем наибольшее падение параметров зафиксировано для прочности и плотности образцов, взятых из напыленного слоя.

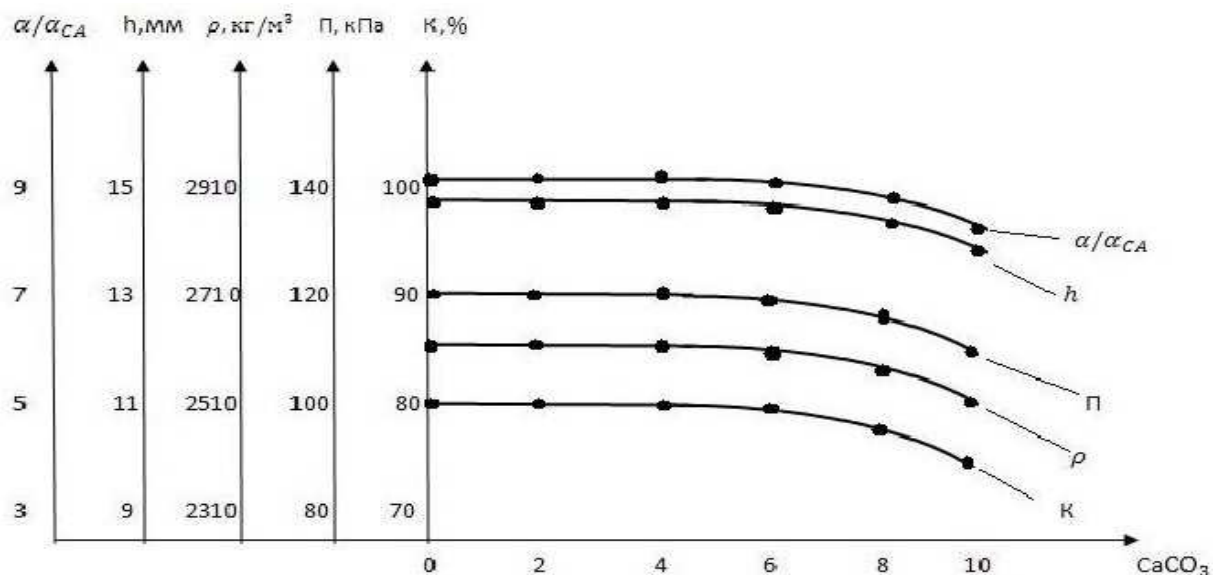


Рисунок 3 – Зависимость параметров напыления от содержания известняка в шихте

Геометрические параметры напыленного слоя и коэффициент напыления снижаются незначительно, что говорит о хорошей способности шихты, содержащей твердое топливо, к напылению. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что процесс напыления менее чувствителен к труднокомкуемым материалам, к которым относится шихта, содержащая мелкодисперсный каменный уголь. Известно, что процесс получения окатышей из шихты, содержащей твердое топливо, удовлетворительно реализуется только при содержании угля менее 2 %. Процесс напыления шихты с углем протекает стабильно при содержании угля до 10 % и более.

Влияние содержания известняка в шихте на параметры напыленного слоя и показатели процесса напыления менее заметно по сравнению с влиянием добавок твердого топлива. Заметное снижение параметров зафиксировано, начиная с содержания известняка в шихте, равного 8 %. Известняк по сравнению с твердым топливом обладает более высокими адгезионными поверхностными свойствами, лучше смачивается водой, равномерно распределяется по структуре материала, что позволяет удовлетворительно реализовать процесс напыления и зародышеобразования шихты, содержащей известняк, в технологии получения окатышей.

#### Библиографический список

1. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк.: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
2. Ковшевний Б. Мировой рынок железорудного сырья / Б. Ковшевний // Национальная металлургия, №6, 2008. - С. 27-35.
3. Павловец В.М. Напыление влажной шихты на железорудные окатыши / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия, №12, 2003.- С. 7 - 11.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВЯЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ**

**Козлова Н.Е., Царегородцева М.С., Шестопалов Н.Е.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Павловец В.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, sunny.caregorodceva@mail.ru*

Проведен сравнительный анализ связующих материалов для брикетирования железосодержащих шламов металлургического производства и выполнены экспериментальные исследования по влиянию содержания различных связующих на прочностные свойства железосодержащих брикетов.

Ключевые слова: железосодержащие шламы, железосодержащие брикеты, связующие материалы, процесс упрочнения, прочность на сжатие.

Целью работы является сравнительный анализ влияния различных видов связующих на процесс брикетирования железосодержащих шламов и на свойства брикетов.

Брикетирование – процесс получения прочных кусковых тел с добавкой связующих веществ и последующим прессованием смеси в брикеты нужного размера и формы. Брикетирование в черной металлургии – это наиболее активно развивающийся способ окускования мелкодисперсных материалов, прежде всего техногенного вторичного сырья [1,2].

При брикетировании многих видов измельчённого сырья, обладающего недостаточными аутогезионными свойствами, даже при высоких давлениях (180 МПа и более) холодным прессованием получить прочные брикеты без их спекания не представляется возможным. В таких случаях используют связующие – вспомогательные материалы, улучшающие слипаемость частиц и повышающие прочность брикетов до заданного уровня. Поскольку добавки таких материалов могут составлять от нескольких до 10 % и более, они должны соответствовать ряду требований, главные из которых прочностные. Причем уровень прочности определяется последующей технологией переработки техногенного сырья и регламентируется ГОСТ.

Связующее вещество в процессе брикетирования должно обеспечивать высокую прочность, хорошую атмосфероустойчивость брикетов и оптимальные параметры процесса брикетирования. При подборе связующих необходимо учитывать его экономичность, они не должны быть химическим балластом, не ухудшать металлургические свойства брикетов, прежде всего восстановимость, не содержать вредных примесей. Они не должны быть дефицитными. Связующие подразделяют на три типа: минеральные (неорганические), органические, комбинированные. К распространённым неорганическим связующим следует отнести гашёную известь, жидкое стекло, глинозём-

мистый и портландский цементы. Однако многие из них обладают существенными недостатками. Так, гашёная известь и портландцемент при нагревании отдают гидратную влагу и теряют прочность, жидкое стекло содержит значительное количество щелочей и двуокись кремния, а глинозёмистый цемент к тому же чрезвычайно дорог. К органическим связующим относят каменноугольные и нефтяные смолы, меласса, отходы гидролизной и целлюлозной промышленности и т.п.. К комбинированным связующим относят смеси различных связующих. Эти смеси позволяют улучшить положительные и снизить негативные свойства.

Методика экспериментов заключалась в следующем. В экспериментах использовали железорудный концентрат Тейского месторождения, содержание железа в котором составляло 62 %, а средний размер частиц составлял 0,063 мм. Для решения поставленной цели использовали три вида связующих материалов: бентонит, жидкое стекло (50 %) и сульфитно-дрожжевую бражку. Жидкое стекло в концентрации 50 % готовили для того чтобы исключить затвердевание массы в процессе эксперимента.

Бентонит – природный глинистый минерал, имеющий свойство разбухать при гидратации (в 14-16 раз). Это свойство, а также нетоксичность и химическая стойкость делает его незаменимым в огнеупорном производстве, строительстве и многих других сферах деятельности.

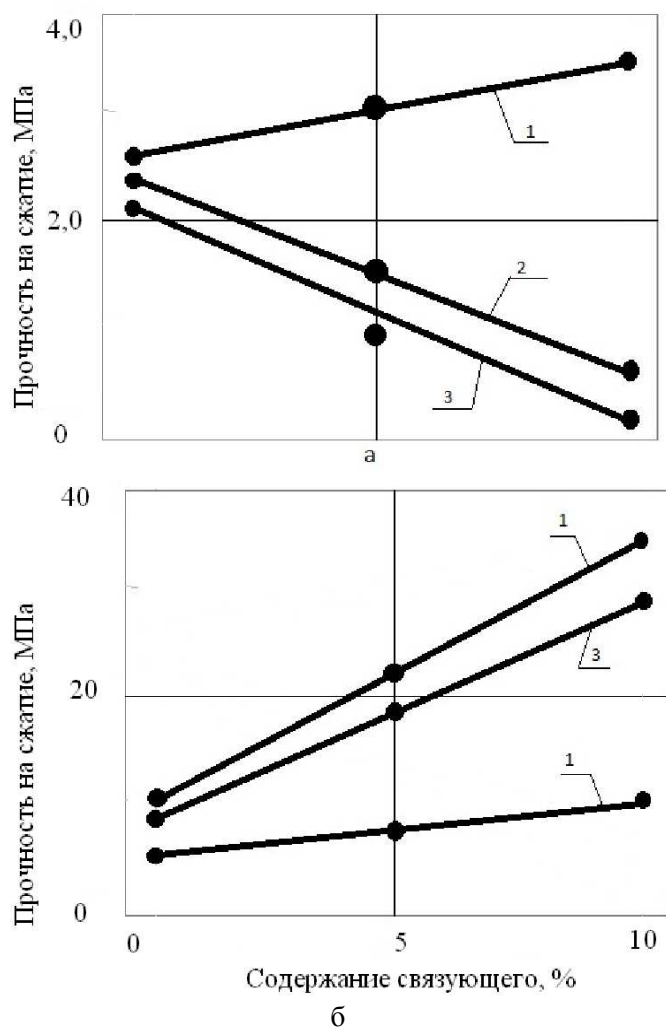
Сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ) – отход дрожжевой промышленности, получаемый при производстве сульфитно-спиртовой барды. Ее применяют для обеспыливания дорог. Концентраты сульфитно-дрожжевой бражки являются отходами при переработке сульфитного щелока (побочный продукт целлюлозно-бумажного производства) в спирт.

Жидкое стекло - это водный щелочной раствор силикатов натрия  $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$  и (или) калия  $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ . Впервые жидкое стекло получил в 1818 году немецкий химик и минералог Ян Непомук фон Фукс.

В качестве жидкой связки для получения шихты использовали воду (10 %), которую добавляли в железорудный концентрат. После чего в смесь вводили 1, 5, 10 % связующего по массе и тщательно перемешивали. После этого брали ориентировочно 10 г массы, загружали в пресс-форму и проводили прессование при давлении 100 МПа и температуре 16-18 °С. Для одной шихтовки делали 8-9 образцов. Часть брикетов использовали для определения прочности сырых образцов, другую часть брикетов отправляли на естественную сушку. Прочность брикетов на сжатие определяли с помощью статического пресса. Результаты экспериментов представлены на рисунке.

В результате экспериментов установили, что наибольшую механическую прочность как сырых так и высушенных брикетов формирует сульфитно-дрожжевая бражка, линейно увеличивая ее значение с ростом содержания связки от 1 до 10 %. Это объясняется формированием у железосодержащей шихты высоких пластических свойств, которые обеспечивают стабильность брикетирования и получение прочных брикетов без поверхностных дефектов

в отсутствии деформации образцов.



1 – сульфитдрожжевая бражка, 2 – бентонитовая глина, 3 – жидкое стекло

Рисунок 1 – Зависимость прочности влажных (а) и сухих (б) брикетов от количества связующего

Другие виды связок (бентонит, жидкое стекло) при повышенном содержании в брикетируемой шихте (более 5 %) требуют дополнительного увлажнения, что, в свою очередь, приводит к появлению трещин, деформации, разрывов массы и снижению прочности брикетов. Поэтому наиболее эффективной связкой, обеспечивающей наиболее интенсивное упрочнение тонкодисперсных железосодержащих материалов, является сульфит-дрожжевая бражка.

#### Библиографический список

1. Механика брикетирования сыпучих материалов / Ю.Н. Логинов [и др.]. – Екатеринбург: Издат. АМБ, 2010. – 304 с.
2. Структурообразование из мелких материалов с участием жидких фаз / В.П. Пузанов, В.А. Кобелев. – Екатеринбург: Издат. УрО РАН и ГНЦ РФ ОАО «Уральский институт металлов», 2001.– 634 с..

## СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ДЕФЕКТНОСТИ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

**Темников И. С.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Князев С.В.,  
канд. тех. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: krookia@mail.ru*

Для решения задачи оперативного управления технологическим процессом литейного цеха необходимо наличие математической модели, связывающей входные и выходные параметры объекта. Для сбора данных о дефектности цеховых отливок разработана формализованная методика, которая существенно упрощает процесс технического контроля и позволяет решать задачи минимизации дефектности стальных отливок.

Распознавание образов, диагностика, оптимизация, контрольная выборка, брак отливок, дефекты

Причинами возникновения литейных дефектов являются, как правило, нарушения режимов технологического процесса (ТП), а также задание неоправданно широких допусков изменения его переменных параметров. Установление причин систематически появляющегося брака и дефектности отливок, связанных с отклонениями параметров ТП, а также особенностей конструкции модельной оснастки, осуществляется чаще всего на основе опыта и интуиции технолога и не всегда позволяет оперативно и своевременно разрешить вопрос оптимизации и стабилизации ТП. Роль этого вопроса важна при серийном и массовом производстве, поскольку материальные потери от брака, исправления и механической обработки дефектных отливок здесь наиболее ощутимы.

В практике литейного производства пределы изменения технологических параметров определены ГОСТом и стандартами предприятия. Следует отметить, что эти пределы, как правило, достаточно широки и составляют величину 10% от номинала и более. Нередко даже эти весьма широкие пределы нарушаются. Кроме того, не все контролируемые параметры достаточно информативны и их оперативный контроль является затруднительным. Таким образом, поддержание «жесткого» технологического режима не дает гарантии, что он является оптимальным для минимального уровня дефектности отливок. Устранение недостатка такого режима возможно при использовании «гибкой» технологии, позволяющей адаптировать производственный процесс (ПП), к меняющимся внешним возмущениям по критерию минимума дефектности отливок.

Литейно-технологические дефекты обнаруживаются при внешнем осмотре поверхности отливок, их размеры могут быть оценены с минималь-

ным применением измерительной техники. Характер и размеры поверхностных дефектов позволяют судить о наличии и размерах внутренних дефектов отливок. Для выявления корреляционных связей между поверхностными и внутренними дефектами типа «несплошность» по специальной методике был проведен выборочный количественный визуальный и рентгеновский контроль отливок до и после их механической обработки. Наличие значимых корреляционных связей позволило заключить, что результаты контроля поверхностных дефектов для рассматриваемого класса стальных отливок и технологии их изготовления могут служить объективной оценкой их уровня дефектности.

Для решения задачи оперативного управления ТП литейного цеха необходимо наличие математической модели, связывающей входные и выходные параметры объекта. Информационно-диагностическая модель (ИДМ), подсистемы управления ТП по уровню дефектности отливок построена с использованием методики распознавания образов по двум группам параметров: параметры технологии и уровню дефектности отливок [1].

Для сбора данных о дефектности цеховых отливок разработана формализованная методика, которая существенно упрощает процесс технического контроля и позволяет организовывать ввод результатов в ЭВМ в режиме диалога. При этом решается задача, практически исключая влияние субъективного восприятия оператора-контролера на оценку признаков литейно-технологических дефектов, как на качественном, так и на количественном уровнях.

Расчетные данные среднего уровня дефектности (СУД) контрольной партии отливок используются для диагностики состояния ТП и выработки рекомендаций по его оптимизации.

В соответствии с терминологией, используемой при распознавании образов, диагностическая информация складывается из двух составляющих: системы признаков - оценок СУД по всем рассматриваемым типам дефектов и системы образов - оценок состояния технологического процесса.

Методом статистической классификации из этих составляющих сформирована обучающая диагностическая выборка (ОДВ), для чего использованы выборочные экспериментальные данные из связи СУД отливок со значениями технологических параметров.

ОДВ представляет собой таблицу, каждая строка которой содержит составляющие признака и соответствующие ему образа

Для обеспечения оптимальных условий диагностики с точки зрения распознаваемости при составлении ОДВ учтена величина доверительного интервала для всех рассматриваемых параметров.

ОДВ используется для распознавания образа - вероятной технологической ситуации, обуславливающей появление комплекса дефектов в предъявляемой контрольной выборке. Контрольная выборка - группа отливок, по совокупности дефектов которых формируется строка составляющих признака, для которой



осуществляется диагностика состояния ТП.

При распознавании выявляется подгруппа составляющих образа, т.е. несколько технологических ситуаций, при которых возможно появление комплекса литейно-технологических дефектов, соответствующих контрольной выборке.

Для использования результатов диагностики моделируются рекомендации, служащие для выработки оптимальных управляющих воздействий на ТП [1].

Для получения более высокого уровня распознаваемости технологической ситуации требуется изменение характера и содержания ОДВ по мере накопления информации, с целью адаптации ИДМ к меняющимся условиям производства организована подпрограмма её самообучения.

Подсистема управления ТП по уровню дефектности отливок предназначена в основном для стабилизации ПП, выявления тенденции к отклонению ТП и выработки управляющих воздействий, направленных на их устранение.

Значительное запаздывание информации ввиду продолжительности интервала времени от момента начала формообразования до её осмотра после предварительной зачистки и большой объём технического контроля не всегда позволяет эффективно использовать подсистему для оптимизации ПП, поэтому перспективным способом диагностики ПП представляется использование комплекса технологических проб - датчиков, имеющих большую чувствительность к образованию дефектов, чем промышленные отливки [2]. В этом случае информация о состоянии ТП, отклонении технологических параметров или неблагоприятном их сочетании может быть получена существенно раньше, до увеличения брака отливок или их дефектности. Наличие такой информации позволит оптимизировать параметры ТП посредством проведения предупредительных мероприятий технологического и организационного характера, направленные на корректировку ПП.

#### Библиографический список

1. Князев С.В., Антипенко В.И., Марчуков В.А., Усольцев А.А. Алгоритм диагностики дефектности отливок и структура АСУ их качеством. / Литейное производство, 1992, № 4, С.26-27.

2. Антипенко В.И., Князев С.В. Диагностика процесса изготовления стальных отливок с использованием технологических проб./ Литейное производство, 1987, № 7, С.15-16.

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА КОЛОННОГО СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Сеченов П.А.

Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Цымбал В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: pavesa89@mail.ru*

В статье рассматривается имитационная модель гравитационного сепаратора в колонном струйно-эмульсионном реакторе. Основное внимание уделено рассмотрению сил действующих на частицу в колонном реакторе, схемам взаимодействия частиц при упругом и неупругом соударении, изменению скорости потока и плотности смеси по высоте колонного реактора при взаимодействии частиц.

Ключевые слова: имитационная модель, гравитационный сепаратор, струйно-эмульсионный реактор.

Целью работы является описание механизма и создание имитационной модели гравитационного сепаратора колонного струйно-эмульсионного реактора [1-3].

На рисунке 1 представлены силы, действующие на частицу: сила давления потока  $F_C$ , сила тяжести  $F_G$  и архимедова сила  $F_A$ .

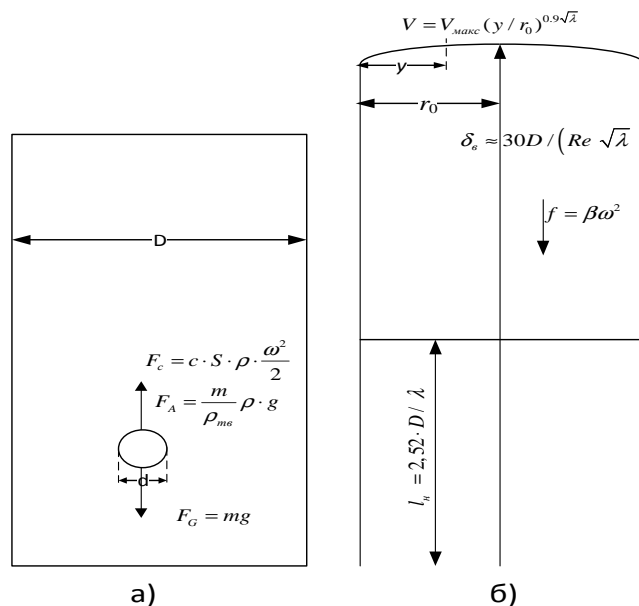


Рисунок 1 – Силы, действующие на частицу в гравитационном сепараторе (а), эпюра скоростей для турбулентного течения (б)

В условиях динамического равновесия принцип Д’Аламбера для движущейся частицы приводит к уравнению [4]:

$$F_G - F_C - F_A = m \frac{d\omega_{мс}}{dt} \quad (1)$$

где  $\omega_{мс}$  – скорость движения сферической частицы.

Сила тяжести выражается как:

$$F_G = mg \quad (2)$$

Сила давления потока:

$$F_c = c \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{\omega^2}{2} \quad (3)$$

где  $c$  – коэффициент лобового сопротивления;

$S$  – площадь сечения обтекаемого тела;

$\rho$  – плотность смеси;

$\omega$  – скорость потока смеси.

Подъёмная или архимедова сила:

$$F_A = \frac{m}{\rho_{мс}} \rho \cdot g \quad (4)$$

Из уравнений (1) – (4) получим:

$$\frac{d\omega_{мс}}{dt} = g \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_{мс}} \right) - \frac{c \cdot \rho \cdot \omega^2}{2 \cdot m} \cdot S \quad (5)$$

Параболическое распределение скоростей при турбулентном движении в круглых трубах наступает на некотором расстоянии  $l_n$  от входного сечения, которое находят по формуле [5]:

$$l_n = 2,52 \cdot D / \lambda \quad (6)$$

где  $D$  – диаметр канала,

$\lambda$  – коэффициент Дарси.

Для турбулентного движения определить коэффициент Дарси, можно по формуле Г. Блазиуса:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (7)$$

Эпюр скоростей рассчитываем по формуле Альтшуля [6]:

$$V = V_{\max} (y / r_0)^{0,9\sqrt{\lambda}} \quad (8)$$

где  $y$  – расстояние от точки, в которой рассчитывается скорость до стенки трубы;

$r_0$  – радиус колонного реактора.

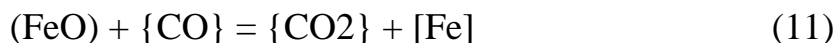
Перейдём к рассмотрению соударений частиц. В имитационной модели различают два типа ударений: упругие (для нерасплавленных частиц) и неупругие (для расплавленных частиц). Для неупругого соударения, скорость объединённой частицы:

$$\omega = \frac{m_1 \bar{\omega}_1 + m_2 \bar{\omega}_2}{m_1 + m_2} \quad (9)$$

Для упругих ударов скорости после соударения:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \bar{\omega}_1 \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 + m_2)} + \bar{\omega}_2 \frac{2m_2}{(m_1 + m_2)} \\ \omega_2 &= \bar{\omega}_1 \frac{2m_1}{(m_1 + m_2)} + \bar{\omega}_2 \frac{(m_2 - m_1)}{(m_1 + m_2)} \end{aligned} \quad (10)$$

Процессы, происходящие в верхней части реактора [1, 2], определяют процесс изменения состава конденсированных веществ и являются преимущественно восстановительными. Здесь возможны следующие основные реакции:



На основе данных реакций, были выбраны следующие механизмы взаимодействия частиц.

Каждые две секунды в колонный реактор попадают частицы железной руды с радиусами 0,1 – 2 мм согласно нормальному закону распределения. Состав железной руды, газов, поступающих в реактор, взят в соответствии с термодинамическими и балансовыми расчетами [7]. Зависимость скорости растворения частицы от радиуса возьмём из работы [3].

Кроме того в реактор поступают твердые частицы углерода. При встрече двух частиц типа: железная руда – железная руда, углерод – углерод и железная руда – углерод удары считаются упругими. Как только частица железной руды расплавилась более чем на 50% при встрече железная руда – углерод удар считается неупругим. При встрече двух частиц типа шлак-шлак и железо-железо, удары неупругие. После того как частицы железной руды расплавились, образуется две новые частицы: железо и шлак, состав и плотность которых принимается в соответствии с расчетами баланса и термодинамики. При встрече шлаковой частицы газовой, был реализован вариант образования шарообразных полых частиц шлака, которые образуются в результате турбулизационно-инерционного механизма. Этот вопрос заслуживает отдельного рассмотрения.

Созданная имитационная модель позволяет наглядно изучить механизм гравитационного сепаратора при разном гранулометрическом составе,

оценить среднее время пребывания заданной частицы, определить средний расход частиц железа и шлака.

#### Библиографический список

1. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учеб. Пособие / Под ред. В.П. Цымбала. СибГИУ. – Новокузнецк, 2005. – 264 с.
2. Цымбал В.П. Мочалов С.П., Рыбенко И.А. и др. Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор /Под ред. В.П. Цымбала. – М: «Металлургиздат», 2014. – 488 с.
3. Сеченов П.А., Олеников А.А., Цымбал В.П. Исследование динамики изменения состава шлака в зонной модели колонного струйно-эмульсионного реактора. Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. УрФУ, – Екатеринбург, 2014. 105-110 с.
4. Лавренко А.Т. Автореферат диссертации магистра: «Анализ работы сепаратора прямого коксового газа». [Электронный ресурс] /Режим доступа: <http://www.uran.donetsk.ua>. Заглавие с экрана.
5. Гидравлика Часть 1. Методические материалы по курсу «Гидравлика» Крамаренко В.В. Савичев О.Г – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 124 с.
6. А.Д. Альтшуль, В.И. Калицун, Ф.Г. Майрановский, П.П. Пальгунов. Примеры расчетов по гидравлике. Учебное пособие для вузов. Под ред. А.Д. Альтшуля. М., Стрйнздат, 1977. – 248 с.
7. OreEnrichmentRequiredforaSelf-OrganizingJet-EmulsionReactor / V.P. Tsybmal, S.P. Mochalov, M.S. Parovinchakidr. // SteelinTranslation. – 2009. – Vol. 39 No 4. –310-312с.

УДК 669.02.001

## СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ СТРУЙНО-ЭМУЛЬСИОННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

**Сеченов П.А.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Цымбал В.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: pavesa89@mail.ru*

В статье рассматривается структура колонного струйно-эмульсионного реактора (СЭР) на примере зонной и функциональной модели. Основное внимание в которой уделено процессам изменения состава содержания углерода в металле, происходящих в нижней (окислительные процессы) и верхней (восстановительные процессы) зонах колонного СЭР.

Ключевые слова: зонная модель, функциональная модель, струйно-эмульсионный реактор.

Целью работы является описание процессов изменения состава содержания углерода в металле, происходящих в колонном СЭР [1, 2].

На рисунке 1 представлена зонная модель, в которой выделены следующие зоны. Зона 1-3 процессы в ректоре-осцилляторе, где осуществляется предварительное сжигание топлива и формируется рабочая смесь (газо-взвесь) с газосодержанием порядка 0,99. Эта газовая взвесь через соединительный канал (зона 3) подаётся в зону 4, где кинетическая энергия двухфазного потока превращается в потенциальную.

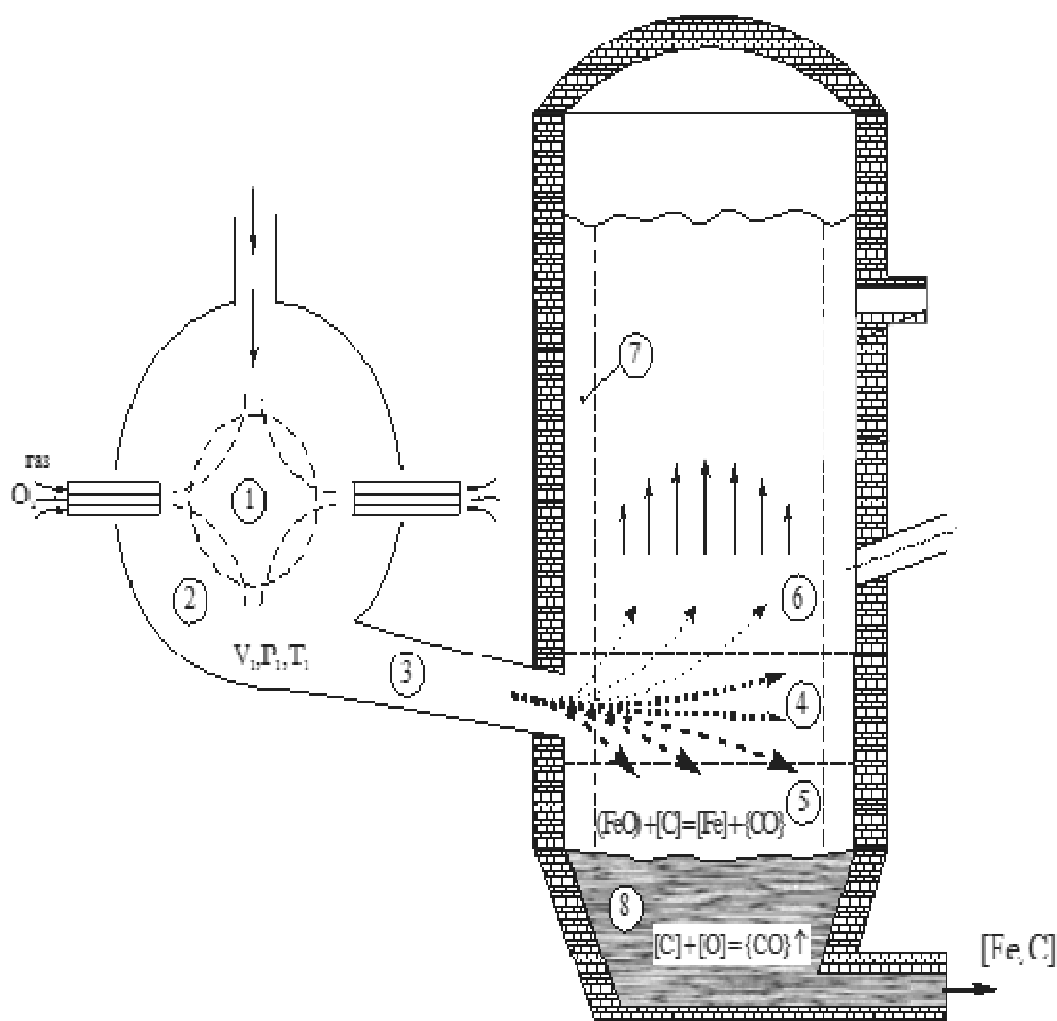


Рисунок 1 – Зонная модель струйно-эмульсионного реактора

В представленной статье выделяется задача описания процессов в зонах 4, 5, 8 и 6. Зона 4 играет роль провальной решётки, разделяющей верхнюю (зоны 6 и 7) и нижнюю часть (зоны 5 и 8) этого реактора.

На рисунке 2 представлена функциональная модель процессов в агрегате СЭР. Данная модель отличается от рассмотренной ранее зонной модели более подробным описанием функциональных зависимостей.

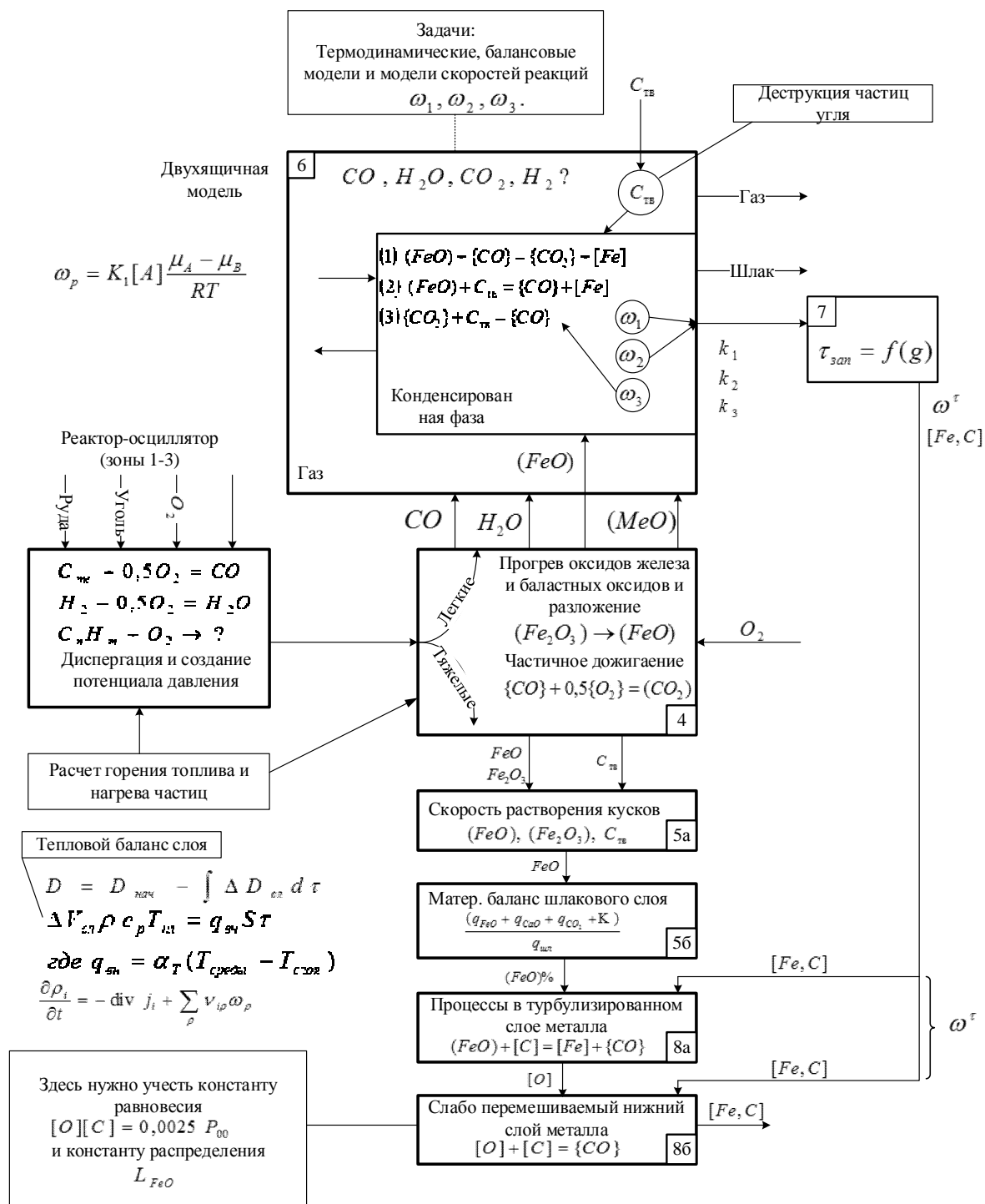


Рисунок 2 – Функциональная модель струйно-эмульсионного реактора

В зоне 4 (рисунок 2) в зависимости от крупности кусков руды происходит разделение: «тяжелые» куски попадают в зону 5, а «легкие» (предположительно менее 1-2 мм) в зону 6.

Первой задачей является описание динамики усвоения кусковых железорудных материалов. Этот процесс описывается следующими уравнениями:

$$\Delta V_{\text{сл}} \rho c_p T_{\text{пл}} = \alpha_T (T_{\text{среды}} - T_{\text{слоя}}) S \tau \quad (1)$$

$$\tau = \frac{\Delta V_{сл} \rho c_p T_{пл}}{q_{вн} S} \quad (2)$$

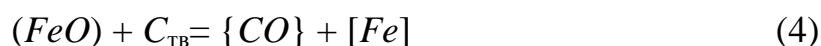
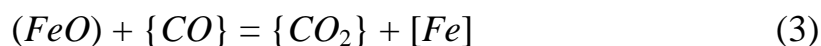
Целью является определение времени усвоения в зависимости от крупности частиц. Для этого из баланса энтальпий (1) находим скорость растворения слоя (2).

На функциональной схеме изменение состава шлака соответствует уравнениям в зоне 5а. Материальный баланс шлакового слоя описывается уравнениями в зоне 5б. Влияние скорости поступления оксида на скорость обезуглероживания показано в зонах 8а и 8б.

Процессы, происходящие в зонах 5-8, определяют динамику изменения состава шлака в нижней части зонной модели колонного СЭР [3, С. 90-94] и являются преимущественно окислительными.

Процессы, происходящие в зоне 6, определяют динамику изменения состава конденсированных веществ в верхней части реактора, и являются преимущественно восстановительными из-за огромной поверхности взаимодействия.

Здесь возможны следующие основные реакции:



В зоне 6 важно знать не сколько абсолютные, сколько относительные скорости гетерогенных реакций и реакций протекающих в зонах 5 и 8.

Это позволит более адекватно отразить механизмы круговорота веществ через зоны 6, 7, 8, 5. Что в конечном итоге влияет на содержание С в металле.

#### Библиографический список

1. Цымбал В.П., Мочалов С.П., Калашников С.Н. Модели и механизмы самоорганизации в технике и технологиях. В 3-х.: Ч. III. Примеры реализации идей и принципов синергетики: Учеб. Пособие / Под ред. В.П. Цымбала. СибГИУ. – Новокузнецк, 2005.– 264 с.

2. Цымбал В.П. Процесс СЭР – металлургический струйно-эмульсионный реактор / Под ред. В.П. Цымбала. – М: «Металлургиздат», 2014.- 488 с.

3. Сеченов П.А., Олеников А.А., Цымбал В.П. Исследование динамики изменения состава шлака в зонной модели колонного струйно-эмульсионного реактора. Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве. УрФУ, – Екатеринбург, 2014.- 100-105 с.



## **ПРИМЕНЕНИЕ БУРОУГОЛЬНОГО ПОЛУКОКСА ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ И КАРБИДИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ**

**Аникин А.Е.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: anikin1985@rambler.ru*

Изучена возможность применения буроугольного полукокса Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна для металлизации прокатной окалины и шламов газоочистки кислородно-конвертерного производства, а также для карбидизации микрокремнезема производств кремния и его высококремнистых сплавов.

Ключевые слова: буроугольный полукокс, металлизация, карбидизация, прокатная окалина, шламы газоочистки кислородно-конвертерного производства, микрокремнезем, металлизированные брикеты, безразмольный микропорошок карбида кремния.

В настоящее время металлизация оксиджелезосодержащих отходов является важным направлением в металлургии. Особенно это актуально для минизаводов в связи с отсутствием в их составе агломерационного производства, позволяющего металлургическим предприятиям полного цикла перерабатывать прокатную окалину, шламы доменного и сталеплавильного производств. Актуальность проблемы обусловлена значительным количеством минизаводов в мире – порядка одной тысячи, и, соответственно, значительным объемом образования оксиджелезосодержащих отходов. Высокая дисперсность этих отходов предопределяет необходимость их окускования перед использованием. Это обуславливает технологическую целесообразность вовлечения в переработку также высокодисперсных углеродистых материалов, как техногенного происхождения, так и производимых специально. При этом в качестве восстановителя могут использоваться перспективные буроугольные полукокс (БПК), в частности, БПК Березовского месторождения Канско-Ачинского бассейна (КАБ).

Также технологический интерес представляет изучение восстановительной переработки техногенного микрокремнезема с использованием БПК с получением безразмольного карбида кремния из высокодисперсных шихт печным синтезом в виде микропорошков крупностью 1-5 мкм с последующим их химическим обогащением.

При проведении исследований были опробованы брикетированные композиции, состоящие из оксиджелезосодержащего компонента, углероди-

стого восстановителя и связующего. Массовое соотношение между  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и С в брикетах составляло 4,44 : 1,0 (т.е. 81,6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 18,4 % С). Расход связующего (мелассы) во всех случаях составлял 10 % от массы оксиджелезоуглеродной смеси. В качестве оксиджелезосодержащих компонентов в экспериментах использовали оксид железа (III) (х.ч.), а также прокатную окалину и шлам газоочистки кислородно-конвертерного производства ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». В качестве углеродистых восстановителей применяли БПК Березовского месторождения КАБ, коксовую мелочь ОАО «Кокс» (КМ) и пыль сухого тушения кокса ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (КП). Исследование процесса металлизации проводилось в два этапа. На первом этапе в лабораторной трубчатой электропечи в защитной атмосфере аргона изучалось восстановление железа из его оксида  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  буроугольным полукоксом. Исследование проводилось с использованием метода планируемого эксперимента. Получены математические модели в виде следующих уравнений:

$$\eta_1 = -183,40 + 0,62 V^{\text{daf}} + 0,37 T + 1,86 \tau - 0,008 V^{\text{daf}} \cdot \tau - 0,002 T \cdot \tau; \quad (1)$$

$$\eta_2 = -430,28 + 10,52 K + 0,55 T + 8,80 \tau - 0,08 K \cdot \tau - 0,01 T \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $V^{\text{daf}}$  – выход летучих веществ из БПК (0,6-9,5 %);  
 $T$  – температура (600-900 °С);  
 $\tau$  – длительность металлизации (15-50 мин.);  
 $K$  – реакционная способность восстановителя по  $\text{CO}_2$  (0,33-3,72  $\text{см}^3/(\text{г}\cdot\text{с})$ ).

Достигнута степень металлизации 96,7 % при следующих оптимальных условиях – температура 900 °С, длительность металлизации 40 мин. На втором этапе исследований при данных условиях в лабораторной электропечи проведена металлизация брикетированных шихт 6-и составов: из окалины и БПК, коксовых мелочи и пыли, а также из шлама с этими углеродистыми восстановителями. Выполнен сопоставительный анализ ее показателей и проведена физико-химическая аттестация продуктов (таблица 1). Степень металлизации составила от 69 до 97,5 %, причем наилучшие показатели достигнуты при использовании в качестве восстановителя БПК. Продукты металлизации шихты из окалины и БПК по степени металлизации, содержанию серы, фосфора, углерода и пустой породы соответствуют требованиям, предъявляемым к металлизированным продуктам для производства электростали.

Таблица 1 – Качество металлизированных продуктов

Состав брикетированных композиций	$\eta$ , %	Содержание в металлизированном продукте, %							
		Fe <sub>общ</sub>	Fe <sub>мет</sub>	FeO	S	P	C	CaO	MgO
Окалина + БПК	97,5	92,5	90,2	3,0	0,07	0,017	1,8	1,1	0,3
Окалина + КМ	70,7	87,5	61,9	33,0	0,14	0,025	3,8	0,3	0,3
Окалина + КП	71,1	88,0	62,6	32,8	0,11	0,026	3,6	0,4	0,3
Шлам + БПК	97,5	73,1	71,3	2,3	0,21	0,121	1,8	17,4	0,4
Шлам + КМ	68,9	70,2	48,4	28,1	0,28	0,130	3,8	16,6	0,3
Шлам + КП	69,2	69,7	48,2	27,7	0,25	0,131	3,6	16,7	0,3

При проведении исследований процесса карбидизации использовались техногенный микрокремнезем, образующийся при производстве кремния (МК-Кр) и высококремнистого ферросилиция (МК-ФС), содержащий диоксида кремния 93,92 и 93,00 % соответственно, с удельной поверхностью 25000 м<sup>2</sup>/кг, а также БПК Березовского месторождения КАБ, содержащий, %: углерода – 81,9; летучих – 9,5; золы – 8,6, с удельной поверхностью 264000 м<sup>2</sup>/кг. Термодинамическое моделирование исследуемых процессов показывает, что в обеих карбидообразующих системах Si – O – C и Si – O – C – H процесс карбидообразования является доминирующим. При стехиометрическом составе шихты максимальное содержание в продуктах восстановления карбида кремния достигается при 1700 К, а при 10 %-ном недостатке углерода – 1900 К. Второй состав шихты является технологически более предпочтительным, поскольку обеспечивает получение карбида, не содержащего примесей.

Оптимальные условия получения и обогащения карбида кремния и диапазон изменения его основных характеристик приведены в таблице 2. Можно видеть, что исследованные технологические варианты обеспечивают получение карбида кремния с воспроизводимыми фазовым, химическим и гранулометрическим составами и могут рассматриваться в качестве технологической основы для проектирования промышленного производства безразмольного микропорошка карбида кремния из брикетированной высокодисперсной шихты микрокремнезем - буроугольный полукокс.

Таблица 2 – Оптимальные условия получения и обогащения карбида кремния и его характеристики

Условия получения и обогащения карбида кремния и его основные характеристики	SiC (МК-ФС + БПК)	SiC (МК-Кр + БПК)
Состав шихты, %:		
- микрокремнезем (МК)	58,80	58,04
- буроугольный полукокс (БПК)	41,20	41,96
Температура карбидизации шихты, К	1923 - 1973	1923 - 1973
Длительность карбидизации шихты, мин.	25 - 20	25 - 20
Химическое обогащение продуктов карбидизации		
- концентрация раствора соляной кислоты, %	35	35
- соотношение Т : Ж	1 : 2	1 : 2
- температура, К	353	353
- длительность, час	3	3
Фазовый состав	$\beta$ - SiC	$\beta$ - SiC
Химический состав, %:		
SiC	90,42 - 90,86	90,94 - 91,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10 - 0,25	0,10 - 0,15
CaO	0,32 - 0,53	0,37 - 0,49
MgO	0,12 - 0,18	0,03 - 0,10
Fe	0,08 - 0,12	0,05 - 0,11
SiO <sub>2</sub>	7,32 - 7,94	6,97 - 7,13
C <sub>своб</sub>	0,41 - 0,54	0,63 - 0,81
Si <sub>своб</sub>	0,13 - 0,17	0,23 - 0,27
Выход карбида кремния, %	96,84 - 97,12	97,31 - 97,63
Крупность и морфология частиц карбида кремния:		
- удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	8000 - 9000	8000 - 9000
- размерный диапазон, мкм	0,2 - 1,0	0,2 - 1,0

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛУНИТОВЫХ РУД В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ГЛИНОЗЕМА**

**Лаптев Ю.Ю.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Доклад посвящен анализу технологической и экономической целесообразности применения алунитовых руд в производстве металлургического глинозема. Рассмотрены месторождения алунитовых руд в мире, а также технологические схемы переработки алунитовых руд по восстановительному способу и поташно-щелочному в Республике Азербайджан.

Ключевые слова: алюминий, металлургический глинозем, алунитовая руда.

В современном мире более 90% первичного алюминия производят из бокситов, тогда как количество алюминия в составе разведанных месторождений бокситовых руд составляет менее 10% мировых запасов. Остальной алюминий содержится в небокситовых видах сырья: алунитах, нефелинах, глинах и других. Поэтому освоение технологии переработки алунитовых руд - задача настоящего и будущего алюминиевой промышленности. Алунитовые руды одновременно являются сырьем алюминиевой и химической промышленности. Большинство алунитовых руд являются сложными и содержат другие полезные компоненты [1].

Алунитовая руда - основная сернокислая соль алюминия и калия. В руде алунита основной минерал представлен изоморфной смесью натрия и калия, также присутствуют кварц, опал, каолит. В алунитовых рудах различных месторождений содержание основного минерала составляет от 25 до 75% [2].

Месторождения алунитовых руд достаточно широко распространены. Крупными промышленными месторождениями алунитового сырья обладают Китай, Азербайджан, США, Иран, Казахстан, Украина, Мексика, Австралия, Россия и другие. Основные месторождения алунитовых руд в России находятся в Крыму, Башкортостане, Челябинской области, Пермском крае и Алтайском крае [4].

Среди высококремнистых алюминиевых руд алуниты являются одним из перспективных видов сырья, обеспечивающих развитие алюминиевой промышленности. Преимущество этих руд заключается не только в содержании в них щелочных металлов (калий, натрий), но и в том, что эти руды частично сульфатизированы самой природой [2].

Алуниты представляют значительный интерес как комплексное сырье, из которого можно извлечь глинозем, серный ангидрид, щелочи. Наиболее

разведанными являются Дашкесанское и Зайликское месторождения в Азербайджане, в рудах которых содержится (в среднем) 22,0 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 20%  $\text{SO}_3$ ; 5 % ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ); 41 %  $\text{SiO}_2$ ; 4,0 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 6,0 %  $\text{H}_2\text{O}$  [3].

На Гянджинском глиноземном комбинате применяется восстановительный способ, разработанный в ВАМИ. Принципиальная схема восстановительного способа приведена на рисунке 1.

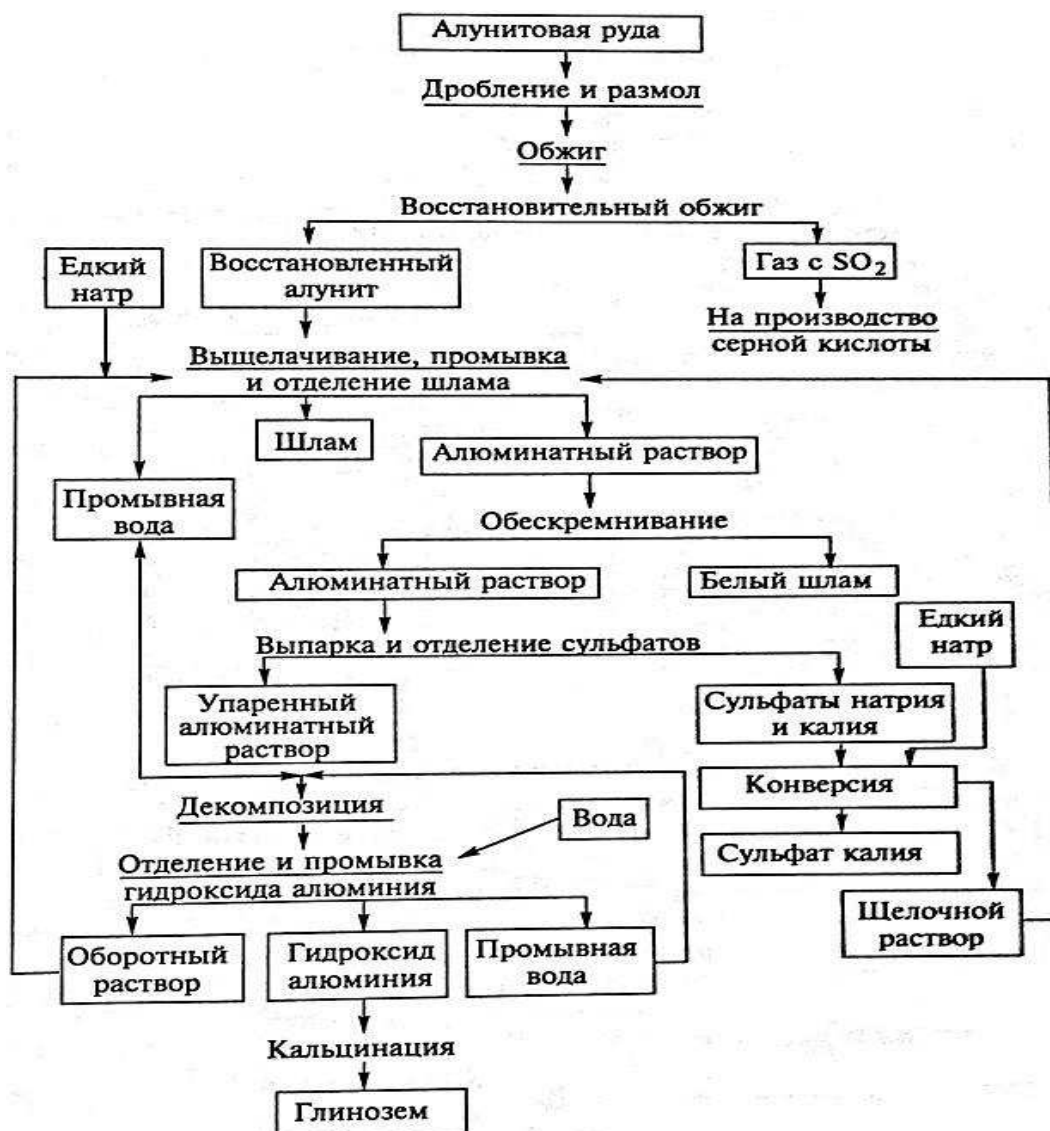


Рисунок 1 - Технологическая схема переработки алунитовых руд по восстановительному способу

Сущность способа заключается в получении глиноземистого концентрата, удобного для переработки наиболее простым способом Байера. Для этого алунитовую руду обжигают при температуре 520 - 560 ° С, при которой разлагаются сульфат алюминия, и оксиды серы переходят в газовую фазу, сохранив при этом высокую активность образующегося  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [2].

Поташно-щелочная технология переработки алунитовых руд была разработана для реконструкции на Гянджинском глиноземном комбинате тех-

нологической ветви переработки алунитовой руды с повышением производительности. Сущность технологии заключается в применении двухстадийного выщелачивания обожженного алунита, где на первой стадии обожженный алунит выщелачивается раствором поташа, что позволяет перевести сернокислый радикал и щелочи алунита в раствор с получением сульфата калия. Разрабатываемая новая технология позволит организовать комплексную переработку алунитовой руды в глиноземном производстве. Попутно получаемые продукты: кварцевый песок, сульфат калия, коагулянт для очистки воды [1].

Расчет экономической эффективности технологии переработки алунитовой руды при производительности 150 тыс. т глинозема в год на Гянджинском глиноземном комбинате показывает, что при стоимости глинозема 220 \$ за 1 т общая сумма выручки от продажи всех продуктов производства составит 1804,18 \$, а прибыль 108408000 \$ в год [1].

Алунит добывается на Зайликском месторождении, затем руда для дальнейшей обработки отправляется на Гянджинский глиноземный комбинат. Полученный на комбинате оксид алюминия транспортируется на Сумгаитский алюминиевый завод. При обработке алунитовой руды на Гянджинском комбинате попутно производятся калийные удобрения, серная кислота, оксид ванадия и т.д. [6].

Сумгаитский алюминиевый завод возобновил свою работу в 2003 г. после модернизации производства. Мощность завода в 2003 составила 20 тыс. тонн первичного алюминия в год, в 2007 году мощность завода уже составила 60 тыс. тонн первичного алюминия [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что алунитовая руда является экономически и технологически целесообразной для производства металлургического глинозема, так как она является комплексным сырьем, и при ее переработке получают другие ценные продукты.

#### Библиографический список

1. Тагиев, Э.И. Технология комплексной безотходной переработки алунитовых руд / Э.И. Тагиев. – Баку: изд. «Элм», 2006. – 504 с.
2. Минцис, М.Я. Производство глинозема / М.Я. Минцис, И.В. Николаев, Г.А. Сиразутдинов. - Новосибирск: Наука, 2012. - 252 с.
3. Лайнер, А.И. Производство глинозема / А.И. Лайнер, Н.И. Еремин, Ю.А. Лайнер, И.З. Певзнер. - М.: Металлургия, 1978. - 344 с.
4. Алунит [Электронный ресурс]. <http://webmineral.ru/minerals/item.php?id=21115>. - Заглавие с экрана. (Дата обращения 7. 12. 2014).
5. Али Мамедханлы. Что мешает дальнейшему развитию Дашкесанского комбината? [Электронный ресурс]. <http://www.monitorjournal.com/vedom/17/dashkesan.htm>. - Заглавие с экрана. (Дата обращения 20. 12. 2014).
6. Алюминиевый комплекс Азербайджана [Электронный ресурс]. <http://www.abc.az/rus/news/34103.html>. - Заглавие с экрана. (Дата обращения 21. 12. 2014).

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ АНОДНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ

**Баротов Ф.Б.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Рассмотрены основные причины возникновения анодного эффекта (АЭ). Выполнена оценка экологических и энергетических последствий анодного эффекта на примере ОАО «РУСАЛ Новокузнецк». По результатам работы видно, что оснащение электролизеров обожженными анодами (ОА), системами автоматического питания глинозёмом (АПГ) позволяет значительно снизить частотность анодного эффекта и суммарный выброс перфторуглеродов (ПФУ).

Ключевые слова: производство алюминия, анодный эффект, перфторуглероды, электролизеры с анодом Содерберга, обожженные аноды.

Производство алюминия связано с применением большого количества мелкодисперсного минерального (глинозем, фториды) и органического сырья (нефтекокс, каменноугольный пек). Производственный цикл электролитического получения алюминия, как и большинство промышленных производств в металлургии, несбалансирован, в результате чего образуются отходы, часть из которых представляют экологическую опасность для территорий [1]. Общее количество выбросов, производимых мировой алюминиевой промышленностью, составляет 36 млн т/год. В России выбросы алюминиевого производства составляют около 20% от всех выбросов, образующихся при производстве цветных металлов [2]. Уровень развития природоохранных систем на предприятиях алюминиевой промышленности России отстает от зарубежного, что связано с доминирующим производством алюминия на электролизерах с анодом Содерберга.

Целью данной работы является оценка экологических и энергетических последствий анодного эффекта, возникающего при электролитическом производстве алюминия, на примере ОАО «РУСАЛ Новокузнецк».

В условиях электролитического производства при снижении концентрации глинозема в электролите до 1,5% и ниже анод начинает хуже смачиваться электролитом. Это приводит к тому, что пузырьки анодного газа разрастаются и изолируют часть поверхности анода от электролита [3]. Плотность тока на свободной поверхности резко увеличивается, вместе с ионами кислорода на аноде начинают разряжаться ионы фтора. Изменяется состав анодных газов, которые насыщаются перфторуглеродами (CF<sub>4</sub> и C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Наличие у поверхности анода фторсодержащих соединений провоцирует даль-



нейшее развитие пассивации. Таким образом, изолируется большая часть поверхности, что приводит к повышению напряжения от 10 до 100 В менее, чем за секунду. В этих условиях ток проходит через газовую пленку за счет искрового, а также тлеющего разрядов.

Плотность тока, при которой начинается АЭ, называется критической. Ее величина растет с увеличением содержания в расплаве глинозема и температуры электролита. Таким образом, АЭ будет возникать чаще при более низких температурах расплава и при снижении концентрации растворенного глинозема в электролите. В промышленных условиях повышение частоты АЭ обычно обусловлено длительной работой электролизеров на пониженном напряжении; снижением уровня (объема) электролита в ванне; некачественным гашением предыдущего анодного эффекта; некачественной обработкой корки электролизеров по потоку или полочками механизмов АПГ; утечками тока (при замыкании ошиновки на элементы конструкции); резким понижением температуры окружающей среды; нарушениями в работе КПП или АСУТП.

В мировой практике электролиза нет единого мнения, какая частота анодных эффектов (ЧАЭ) является оптимальной. В настоящее время на зарубежных заводах электролизеры с самообжигающимся анодом и верхним токоподводом работают с частотой от 0,3 до 3,0 АЭ/сут. Как показала практика отечественных заводов, оборудованных такими же электролизерами, наиболее эффективно электролизеры работают при регулярном возникновении 1 АЭ в сутки: частота свыше 2 считается повышенной. Недопустимо отсутствие АЭ более 2 суток подряд. ЧАЭ на электролизерах с ОА составляет 0,1 - 0,2 в сутки. Повсеместное ужесточение экологических требований вынуждает производителей алюминия снижать частоту АЭ до 0,05 - 0,3 в сутки.

Последствия анодного эффекта внешне проявляются в резком повышении напряжения и значительным увеличением температуры расплава, потрескивании, обвале электролитной корки и т.д. Во время АЭ увеличивается расход электроэнергии, фторсолей и анодов, нарушается энергетический режим электролизных серий и снижается выход по току, в атмосферу выделяются фторуглероды, разрушающие озоновый слой.

В работе [3] приводится уравнение для расчета количества выделяющегося во время анодного эффекта в атмосферу  $CF_4$   $Q_{фy}$  (кг/т Al).

$$Q_{фy} = 1,9 \Delta U_{аэ} / \eta$$

где  $\Delta U_{аэ}$  - среднесуточное перенапряжение анодного эффекта (мВ/сутки);

$\eta$  - выход по току, отн. ед.

Вместе с тем, анодный эффект способствует удалению угольной пены из межполюсного зазора, улучшению ее отделения от электролита, растворению осадков на подине электролизеров и сгоранию выделившейся уголь-

ной пены. Анодный эффект с напряжением 25 – 45 В обеспечивает «полировку» рабочей поверхности анода и, соответственно, выравнивание распределения тока на ней. При напряжениях менее 25 В и от 45 до 60 В выравнивания поверхности анода не происходит, а при больших напряжениях качество подошвы анода ухудшается. Для нормально работающих электролизеров напряжение анодных эффектов составляет 30 - 45 В. Время существования АЭ 1–2 мин и зависит от способа его гашения.

Для ликвидации анодного эффекта необходимо повысить концентрацию глинозема в электролите, для чего электролитная корка взламывается на длине не менее 3 м и в отверстие вводится деревянная жердь в сторону непробитой части корки. Образующиеся при этом газы от возгонки древесины вызывают барботаж расплава, смачиваемость анода электролитом восстанавливается и вспышка гаснет. При тусклой или средней вспышке анод поднимают до возникновения ясной вспышки и только после этого ее ликвидируют. При этом обязательна проверка состояния подошвы анода на наличие «козырьков», «конусов», неровностей и пр. [4]. Известны и другие способы ликвидации анодных эффектов. На ОАО «РУСАЛ Новокузнецк», например, долгие годы гасили вспышки переносным устройством для подачи сжатого воздуха под анод, предварительно сбрасывая в атмосферу накопившуюся в системе влагу. Но из-за высокой стоимости стальных трубок дальнейшая эксплуатация переносного устройства стала экономически не выгодна.

Кардинальным решением экологических проблем является переход на электролизеры с ОА, оборудованные системами АПГ, а в перспективе и на нерасходуемые аноды. На примере ОАО «РУСАЛ Новокузнецк» можно рассмотреть и оценить экологические и энергетические последствия анодного эффекта на электролизерах с анодом Содерберга и ОА с системами АПГ (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка экологических и энергетических последствий анодного эффекта на электролизерах с анодом Содерберга, ОА и АПГ

Показатели	Ед. изм.	Анод Содерберга	ОА и АПГ
Частота АЭ	АЭ/ сутки	2	0,3
Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	400	54
Выделения ПФУ			
CF <sub>4</sub>	кг/т	0,083	0,055
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>		0,044	0,008

Анализируя результаты проведенной работы, можно сделать вывод, что оснащение электролизеров ОА с системами АПГ позволит снизить частоту анодного эффекта в 7 раз (с 2 до 0,3 сутки), удельный расход электроэнергии в 7 раз (с 400 до 54 кВт·ч/т), выделения ПФУ в 2 раз (с 0,127 до 0,063 кг/т).

## Библиографический список

1. Галевский Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис.- 2-е изд. - М.: Флинта: Наука, 2005.- 272 с.
2. Куликов Б.П. Переработка отходов алюминиевого производства / Б.П. Куликов, С.П. Истомина. – Красноярск: Классик-Центр, 2004.- 477 с.
3. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М.: Флинта: Наука, 2008. – 527 с.
4. Минцис М.Я., Электрометаллургия алюминия / М.Я. Минцис, П.В. Поляков, Г.А. Сиразутдинов. – Новосибирск: Наука, 2001. – 368 с.
5. Измерение эмиссии перфторуглеродов от электролизеров при производстве алюминия // Цветные металлы. – 2014 г.- № 7.

УДК 669.2/.8(075.8)

## **ТЕХНОЛОГИЯ АНОДА СОДЕРБЕРГА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Джалолов Х.О.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kafcmet@sibsiu.ru*

Рассмотрены принципы выбора состава пеко-коксовой шихты в технологии «сухого» и «коллоидного» анода Содерберга. Выполнен анализ, сопоставление и сравнение показателей технологии производства алюминия с использованием «сухого» и «коллоидного» анода Содерберга и обожженного анода.

Ключевые слова: анодная масса, состав шихты, «сухой» анод, «коллоидный» анод.

Анод Содерберга - самовоспроизводящаяся структура, которая формируется с использованием тепла, выделяющегося при электролизе алюминия. Первоначально в анодах Содерберга использовалась «жирная» анодная масса с содержанием пека-связующего 32-34%. В 70-е годы прошлого века фирма SUMITOMO разработала и запатентовала технологию «сухого» анода с содержанием в основной анодной массе каменноугольного пека 26-29% [1]. Снижение содержания связующего повысило требования технологии анодной массы к качеству сырья и грансоставу шихты прокаленного кокса [2, 3].

В настоящее время не существует единого нормативного гранулометрического состава шихты. Он различен не только в разных странах, но и в пределах одной страны и даже одного завода (ранее ЦАМ-1 и ЦАМ-2 НКА-За). В таблице 1 приведены, по данным [3], рецептуры сухой шихты, исполь-

зубаемые на алюминиевых заводах разных стран. Некоторые заводы России (НКАЗ,БАЗ) используют гранулометрический состав с максимальным зерном 6 мм, а другие (ИркаЗ, БрАЗ) – 8 мм.

Таблица 1 - Рецептуры коксовой шихты отечественных и зарубежных заводов

Фракции,мм	Франция	Италия	Норвегия	Россия
>8	2,2	-	2,3	<3
-8+4	11,5	8,3	14,4	12,0
-4+2	11,3	25,7	10,4	18,0
-2+1	12,0	12,9	8,5	8,0
-1+0,16	13,8	14,0	15,5	По разности
-0,16+0,08	9,2	9,2	7,1	10,0
<0,08	40,0	29,9	41,8	30,0

В 2009 году специалисты РУСАЛа заявили о создании нового поколения электролизеров с анодом Содерберга. Новая технология получила название «Коллоидный анод» [4]. Главным его преимуществом является уменьшение количества вовлекаемого в производства пека на 17 % и, следовательно снижение выбросов смолистых веществ в окружающую среду, дополнительное уплотнение анодной массы и снижение её расхода. Технология производства алюминия с использованием «коллоидного» анода декларирована ключевой составляющей проекта по разработке экологически совершенного электролизера Содерберга.

При непрерывном смешении анодной массы наблюдается недостаточная пропитка пеком коксовой шихты, особенно ее пылевой фракции. Для повышения эффективности смешения пыли и пека, этот процесс выделили в отдельную операцию. Поэтому производство анодной массы можно разделить на два технологических процесса: подготовку ППК и ее смешение с зерновыми фракциями кокса. Основу процесса смешения пыли и пека составляет технология и оборудование, работающее на принципе механоактивации [5].

При этом предполагалось, что введение в состав ППК механоактивированной пыли с размером частиц 0,1 – 1 мкм позволит сократить расход пека, т.е. преодолеть известную негативную тенденцию – с увеличением доли пылевидной фракции в составе коксовой шихты и снижением среднего её размера расход пека увеличивается. В таблице 2 приведен сравнительный анализ показателей, достигнутых на отечественных электролизерах с анодом Содерберга и обожженными анодами с прогнозируемыми для электролизера с «коллоидным» анодом Содерберга. Ожидалось, что результатом применения коллоидной анодной массы явится: соответствие современным экологическим требованиям, более низкая стоимость перехода на электролизеры с «коллоидным» анодом по сравнению с технологией ОА (2-3 раза), конкурентоспособные технико-экономические показатели, более низкая себестоимость алюминия [5 - 7].

Таблица 2 – Сравнительная оценка показателей работы электролизеров с анодом Содерберга и обожженным анодом (РА 300)

Показатели	Электролизер с «коллоидным» анодом Содерберга*	Электролизер с «сухим» анодом Содерберга	Электролизер с обожженным анодом (РА300)
Сила тока, кА	185	174,7	320
Выход по току, %	91,5	87,7	94,7
Удельный расход электроэнергии, кВт*ч/т	15500	16102	13746
Производительность, кг/сут	1320	1233	2442
Съем угольной пены, кг/т Al	15,1	31,5	0
Удельный расход анодной массы, кг/т Al	506	526	400
Удельный расход пека, кг/т Al	124,5	152,7	135
Выбросы вредных веществ (кг/т Al)			
HF	0,24	0,7	0,2
F <sub>ТВ</sub>	0,36	0,92	0,4
F <sub>всего</sub>	0,6	1,62	0,6
Бенз(а)пирен	0,001	0,002	0
* Прогнозные значения			

Однако опробование технологии «коллоидного» анода в условиях электролизного производства ОАО «РУСАЛ - Красноярск» в целом не подтвердила ожидаемые на данном этапе технико-экономические прогнозы, что, отнюдь, не означает бесперспективность такого подхода. Авторам представляется, что путь к технологическому успеху лежит в области оптимизации удельного расхода пека, возможно, в интервале значений 124,5 – 152,7 кг / т Al.

#### Библиографический список

1. Yano et al, US patent, №4021318, 05.05.1977.
2. Hulse K.L. Anode Manufacture.//R&D Carbon Ltd.2000
3. Галевский Г.В. Технология производства электродных масс для алюминиевых электролизеров / Г.В. Галевский [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – 295 с.
4. Фризоргер В.К. Технология коллоидного анода, произведенного на основе механоактивации смеси кокса и пека./ В.К. Фризоргер, А.М. Константинов, Е.М. Маракушена и др., ТЭВ, №3, 2005.

5. Eldet T., Forslund K., Pedersen R., Sorlie M. ПАУ и выбросы паров пелла с поверхности анодов Содерберга. // Техничко-экономический вестник РУСАЛа. - 2005. - № 11. - С. 33-37.

6. Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я. Экология и утилизация отходов в производстве алюминия.-М.: Флинта-Наука,2005.-267 с.

7. Hulse K.L. Raw Materials, Formulation and Processing Parameters./ Перевод П.В. Полякова.-Красноярск, Классик-центр, 2004.- 450 с.

УДК 001:929

## ТВОРЕЦ РОССИЙСКОГО АЛЮМИНИЯ

(к 150-летию со дня рождения профессора Павла Павловича Федотьева)

**Тухтабеков О.Б., Комрони М.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Проведено исследование, анализ и изучение научного и технологического вклада профессора, члена–корреспондента АН СССР П.П. Федотьева (1864 – 1934 г.г.) в теоретическое обоснование и промышленное освоение отечественного производства алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава.

Ключевые слова: инженерная, научная и педагогическая деятельность, профессор, член-корреспондент АН СССР П.П. Федотьев, отечественное производство алюминия, основатель.

Доктор технических наук, профессор, член корреспондент АН СССР Павел Павлович Федотьев – крупнейший отечественный ученый в области прикладной электрохимии водных растворов и расплавов и промышленного электролиза, один из создателей алюминиевой и магниевой промышленности СССР. Жизненный и научный путь профессора П.П. Федотьева описан в опубликованных ранее работах, в том числе в [1 – 8].



П.П.Федотьев, 1904 г.

Целью настоящего исследования является анализ и изучение научного и технологического вклада профессора П.П. Федотьева в теоретическое обоснование и промышленное освоение отечественного производства алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава. Авторам представляется, что некоторые важные исторические этапы деятельности П.П. Федотьева до сих пор не нашли достаточного освещения.

Жизненный и научный путь П.П. Федотьева включает два основных этапа – химико-технологический и металлургический, в каждом из

которых он оставил значительный след в развитии отечественных химической и металлургической промышленности.

Металлургический этап в научно-технологической деятельности П.П. Федотьева начался в 1910 г. Он вместе со своим учеником В.П. Ильинским активно разрабатывает научные основы электролитического производства алюминия: теорию переноса тока в алюминиевой ванне, гипотезу о диссоциации (распаде) криолита и глинозема в расплаве с образованием ионов, уточнение диаграмм плавкости систем  $\text{NaF-AlF}_3$ ,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$  с определением максимальной растворимости глинозема в криолите (20,7 % масс.), рекомендации по выбору оптимального состава электролита, экспериментальное обоснование влияния добавок  $\text{NaF}$ ,  $\text{CaF}_2$  и  $\text{AlF}_3$  на растворимость глинозема в электролите и температуру расплава. Результаты исследований в 1912 г. были опубликованы в монографии «Экспериментальные исследования по электрометаллургии алюминия», которая вскоре стала настольной книгой металлургов-алюминщиков всего мира. В 1913 и 1915 г.г. П.П. Федотьев и В.П. Ильинский опубликуют еще две работы, посвященные электрометаллургии алюминия.

Тяжелое время 1919 – 1921 г.г. П.П. Федотьев провел в Петрограде, лишь изредка выезжая в командировки, по мере необходимости проводя научные исследования. В холодной квартире он усиленно работал над рукописью учебника «Электрометаллургия», который в виде трех выпусков был опубликован в 1921 – 1923 г.г.

В середине 20-х годов перед молодой Советской республикой, вступившей на путь индустриализации, остро встал вопрос о развитии металлургии легких металлов, в первую очередь алюминия, с использованием собственного природного сырья. По инициативе С.М. Кирова – в то время секретаря Ленинградского областного комитета партии – Ленинградский областной совет народного хозяйства поручил П.П. Федотьеву провести укрупненные опыты по получению алюминия на заводе «Красный выборжец». П.П. Федотьев не сомневался в успехе и горячо принялся за дело. Промышленные опыты по получению алюминия проводились с 25 марта по 2 июля 1929 г. Первые 8 кг отечественного алюминия были получены 27 марта 1929 г. П.П. Федотьев позднее писал: «Этот момент можно считать возникновением производства алюминия в СССР на волховской энергии и целиком из материалов собственного производства». Так было положено начало промышленному производству отечественного алюминия.

Но мощности завода «Красный выборжец» были невелики. Осознавая острую необходимость развития алюминиевой промышленности, высшие органы власти страны – Центральный исполнительный комитет и Совет на-



П.П. Федотьев, 1933 г.

родных комиссаров СССР (ЦИК и СНК СССР) – 12 июня 1929 г. приняли постановление о создании в Ленинграде еще одного предприятия – Опытного алюминиевого завода (ОАЗ). С этой целью в сентябре того же года под руководством П.П. Федотьева началось переоснащение бывшего снарядного завода на Выборгской стороне. Свою первую продукцию Опытный завод выпустил 6 июня 1930 года. Часть выплавленного алюминия подвергли прокатке. При этом была получена фольга толщиной 0,05 мм с блестящей поверхностью и хорошими механическими свойствами – вполне конкурентоспособная с зарубежными образцами. Всего в 1930 году на Опытном заводе было получено 90 тонн металла.

В 1930-1932 г.г. П.П. Федотьев осуществляет конструкторское, технологическое консультирование проектировщиков первого отечественного алюминиевого комбината – Волховского, неоднократно выезжает на производственную площадку, участвует в принятии наиболее важных строительно-производственных решений и пуске комбината. В последующие годы П.П.Федотьев тесно взаимодействует с руководством Волховского алюминиевого комбината по вопросам освоения технологии электролиза, совершенствования конструкции электролизеров, управления процессом электролиза. В марте 1934 г., возвращаясь из очередной поездки на комбинат, Федотьев П.П. сильно простудился, заболел и 20 марта скончался от воспаления легких. Так завершился жизненный путь выдающегося российского ученого- химика и металлурга.

#### Библиографический список

1. Меншуткин Б.Н. Памяти Павла Павловича Федотьева // Природа. - 1934. - С 89-91.
2. Баймаков Ю.В. Кафедра электрометаллургии цветных металлов // Труды Ленинградского политехнического института. - 1949. - С 43-53.
3. Беляев А.И., Павлова О.И. Павел Павлович Федотьев. - М.: Металлургия, 1965. - 94 с.
4. Розен Б.Я., Розен Я.Б. Металл особой ценности. - М: Металлургия, 1980. – 208 с.
5. Алюминий. Тринадцатый элемент. Энциклопедия. - М: Библиотека РУСАЛа, 2007. – 240 с.
6. Морачевский А.Г. Профессор Павел Павлович Федотьев и его научная школа / Под ред. акад. РАН Ю.С Васильева. - СПб. : Изд-во Политех, 2011. - 89 с.
7. Морачевский А.Г. Химия и химии Политехнического института. Санкт-Петербург, Петроград, Ленинград. 1902-1930 г.г. / Под ред. акад. РАН Ю.С. Васильева. - СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012. – 288 с.
8. Морачевский А.Г., Фирсова Я.Г. Профессор Павел Павлович Федотьев (к 150-летию со дня рождения) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. - 2014. - № 2. – С. 228-231.



## **ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ БОРИДООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ТИТАН – БОРСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА**

**Ефимова К.А., Алексеева Т.И.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Для выбора титаносодержащего сырья проведено моделирование взаимодействия плазменного и сырьевого потоков. В связи с доступностью порошков титана, его диоксида и бора, углеводородного сырья – метана и плазмообразующего газа – азота объектами термодинамического моделирования являлись системы В – Н- N, Ti – O – C – B – H – N, Ti – B – H – N. В боридообразующих системах 100 %-ное превращение титана в диборид достигается при стехиометрическом соотношении компонентов в интервале температур 3200 – 2450 К.

Ключевые слова: Бороводород, диборид титана, бор, углерод, термодинамическое моделирование.

Плазмометаллургические струйные процессы получения боридов как объекты термодинамического моделирования по сравнению с традиционными имеют ряд особенностей: быстротечность процессов боридообразования, что позволяет ряду исследователей ставить под сомнение возможность достижения равновесия; возможность достижения высокого выхода боридов только в условиях, обеспечивающих газофазный характер реакций боридообразования; безусловная целесообразность выполнения термодинамических расчетов равновесных составов боридообразующих систем при различных параметрах в связи с недостаточностью информации для описания с необходимой точностью и достоверностью кинетики и механизма процессов боридообразования. С учетом отмеченных особенностей результаты термодинамического моделирования процессов боридообразования следует рассматривать с одной стороны как прогнозные, требующие экспериментального подтверждения, а с другой – как технологические ориентиры и показатели совершенства реактора и уровня организации в нем процессов тепло- и массообмена.

Термодинамическое моделирование процессов синтеза проведено с целью прогнозирования оптимальных параметров получения диборида титана (соотношения компонентов и температуры), определения равновесных показателей процесса (степени превращения сырья в борид, составов газообразных и конденсированных продуктов), оценки вклада в процессы боридообразования газофазных реакций, обеспечивающих в условиях плазмометаллургических технологий эффективную переработку дисперсного сырья.

Необходимые для анализа составы газообразных и конденсированных продуктов рассчитывались «константным методом». Расчеты выполнялись с использованием программы компьютерного моделирования высокотемпературных сложных химических равновесий «PLASMA». При расчетах рассматривалась область температур 1000 – 6000 К при общем давлении в системе 0,1 МПа, объектами термодинамического моделирования являлись системы В – Н – N, Ti – O – C – В – Н – N, Ti – В – Н – N.

Результаты расчета равновесных составов системы В – Н – N представлены на рисунке 1 (а, б). В исследуемой системе имеет место «газификация» бора, усиливающаяся с разбавлением системы водородом. Газификация бора обусловлена высокой термодинамической стабильностью в области температур 2650 – 3250 К бороводорода состава  $BH_2$ . При соотношении В:Н = 1:6 степень превращения бора в  $BH_2$  достигает 1. Конденсация бора из газовой фазы термодинамически возможна при температуре ниже 2650 К. Таким образом, следует признать целесообразным разбавление системы водородом и прогнозировать влияние концентрации его в газовой фазе на полноту протекания процессов боридообразования в условиях плазменного потока. Квазиравновесные составы системы В – Н – N (рисунок 1 в, г) характеризуются значительным расширением температурной области устойчивости бороводорода  $BH_2$ , соответствующей 2150 – 3250 К.

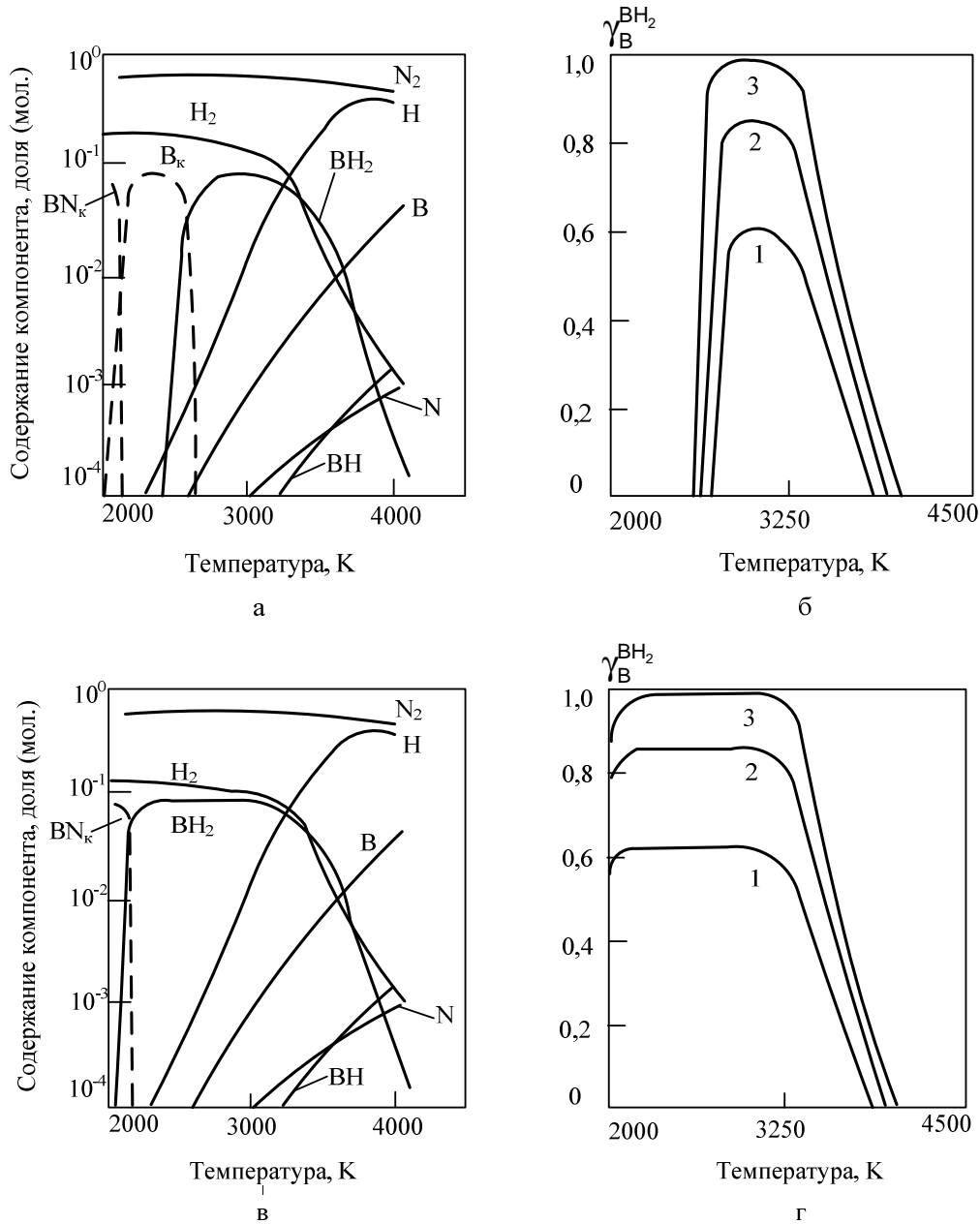
В боридообразующих системах диборид титана может быть получен при всех рассматриваемых соотношениях компонентов в интервале температур 3500-2300 К. Термодинамически возможно протекание следующих газофазных химических реакций боридообразования:



Степень превращения титана в диборид по реакции (1) может составлять 0,85. 100 %-ное превращение титана в диборид достигается при стехиометрическом соотношении компонентов в интервале температур 3200 – 2450 К (рисунок 2). При избытке в системах бора и углерода в условиях равновесия в конденсированной фазе наряду с диборидом при температуре ниже 2800 К могут присутствовать нитрид бора и свободный углерод, концентрация которых зависит от соотношения В/Ti и С/О. при температуре 2300 К и ниже термодинамически возможными становятся процессы нитридообразования:

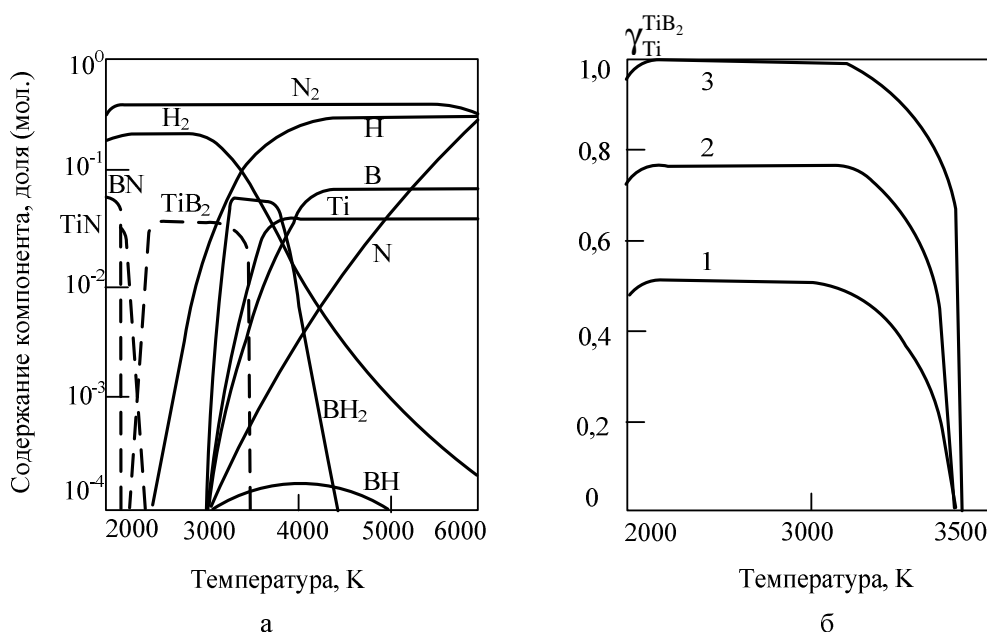


Образование нитрида титана возможно наряду с диборидом, но при более высоких температурах и недостатке бора в системе.



а) равновесные составы газовой и конденсированной фаз в зависимости от температуры при соотношении В:Н:Н = 1:6:20; б) равновесная зависимость степени превращения В в ВН<sub>2</sub> от соотношения В:Н = 1:2 (1); 1:4 (2); 1:6 (3) и температуры; в) квазиравновесные составы газовой и конденсированной фаз в зависимости от температуры при соотношении В:Н:Н = 1:6:20; г) квазиравновесная зависимость степени превращения В в ВН<sub>2</sub> от соотношения В:Н = 1:2 (1); 1:4 (2); 1:6 (3) и температуры

Рисунок 1 – Результаты термодинамических расчетов системы В – Н – N



а) равновесные составы газовой и конденсированной фаз в зависимости от температуры при соотношении  $\text{Ti}:\text{B}:\text{H}:\text{N} = 1:2:12:20$ ; б) зависимость степени превращения  $\text{Ti}$  в  $\text{TiB}_2$  от соотношения  $\text{Ti}:\text{B} = 1:1,5$  (1);  $1:1,75$  (2);  $1:2$  (3) и температуры

Рисунок 2 – Результаты термодинамических расчетов системы  $\text{Ti} - \text{B} - \text{H} - \text{N}$

УДК 661.665

## ПЛАЗМЕННЫЙ СИНТЕЗ ДИБОРИДА ТИТАНА ДЛЯ СМАЧИВАЕМЫХ КАТОДНЫХ ПОКРЫТИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

**Ефимова К.А., Алексеева Т.И.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, email: kafcmet@sibsiu.ru*

Исследованы два технологических варианта получения диборида титана, с использованием шихт различных составов. Определены основные параметры синтеза и характеристики диборида титана. Предлагаемый способ получения диборида титана является конкурентоспособным и может занять лидирующее положение в производстве диборида для защитных смачиваемых алюминиевых катодных и гальванических композиционных покрытий.

Ключевые слова: диборид титана, синтез, нанопорошок, плазменный реактор, наночастицы.

Для получения покрытия на основе диборида титана готовится водная суспензия, содержащая 68 – 70% твердого (90% -  $\text{TiB}_2$ , 10% -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Физиче-

ская и химическая связь между коллоидными частицами  $Al_2O_3$  и частицами  $TiB_2$  в суспензии приводит к образованию вязкоэластичного желеподобного состояния. Такой материал не выделяет воду и ведет себя после сушки как твердый. Есть основания предполагать, что введение  $TiB_2$  в состав суспензии в виде более тонкого порошка с размером частиц, меньше или сопоставимым с размером частиц  $Al_2O_3$  (0,1-1 мкм), будет способствовать повышению физико-механических и защитных свойств покрытия. Суспензию наносят распылением или окрашиванием с промежуточной сушкой воздухом после нанесения каждого слоя. Общая продолжительность сушки составляет 24 часа. Покрытия толщиной 1,0-2,0 мм обеспечивают смачивание угольного катода алюминием, имеет высокое сопротивление внедрению натрия, одновременно сочетает достаточную твердость, прочность на изгиб, износостойкость, сцепление с основой, способствует снижению катодного падения напряжения и повышению катодного выхода алюминия по току.

Для синтеза диборида титана использовался промышленный плазмометаллургический комплекс, созданный СибГИУ и ООО «Полимет», основа которого – трехструйный прямоточный вертикальный плазменный реактор мощностью 150 кВт.

Исследовались два технологических варианта, с использованием шихт различных составов: 1 –  $(Ti + B + H_2)$ , 2 –  $(TiO_2 + CH_4 + B)$ . При этом оптимизировалось содержание в продуктах синтеза диборида титана. Получены следующие уравнения, описывающие зависимость содержания диборида титана от основных технологических факторов:

$$[TiB_2 (1)] = - 412,41 + 0,09489T_0 + 2,196[B] + 0,1597\{H_2\} - 0,00061T_0[B];$$

$$[TiB_2 (2)] = 4,59 + 0,0156 T_0 + 0,00213T_3 - 0,0688\{CH_4\} - 0,214[B] \cdot \{H_2\}$$

где  $T_0$  – начальная температура плазменного потока (5000 – 5400 К);

$T_3$  – температура закалки (2600 – 2800 К);

$[B]$  – содержание бора в шихте (100 – 120% от стехиометрически необходимого);

$\{CH_4\}$  – количество восстановителя (метана) (100 – 120% от стехиометрически необходимого);

$\{H_2\}$  – концентрация водорода в плазмообразующем газе (0-0,25 % об.).

Основные параметры синтеза и характеристики диборида титана представлены в таблице 1. Сопоставление двух вариантов синтеза позволяет выбрать в качестве более перспективного борирование титанового порошка. Нанопорошок диборида титана представлен агрегатами шаровидной формы размером 120 – 500 нм, образованных сообществом округлых частиц достаточного широкого размерного диапазона от 10 до 80 нм. Округлая форма наночастиц диборида титана показывает на возможность их образования по механизму «пар – расплав – кристалл», предположительно при взаимодействии «титанового» аэрозоля с борводородами.

Предполагается, что по фазовому и химическому составам, уровню

дисперсности, основным технологическим показателем предлагаемый способ получения диборида титана является конкурентоспособным и может занять лидирующее положение в производстве диборида для защитных смачиваемых алюминиевых катодных и гальванических композиционных покрытий [1 - 5].

Таблица 1 – Основные параметры синтеза и характеристики диборида титана

Параметры синтеза и характеристики диборида титана	Технологические варианты синтеза	
	1(Ti + B +H <sub>2</sub> )	2(TiO <sub>2</sub> + B + CH <sub>4</sub> )
Состав газо – теплоносителя, % об.		
- азот	74,0	
- водород	25,0	
- природный газ (метан)	1,0	
Крупность титансодержащего сырья, мкм	0,5...4,5	0,2...1,0
Крупность борсодержащего сырья, мкм	0,25...0,40	
Количество бора в порошкообразной шихте, % от стехиометрического	100 – 120	
Количество восстановителя (метана), % от стехиометрического	-	100-120
Начальная температура плазменного потока, К	5400	
Температура закалки, К	2600 - 2800	
Фазовый состав	TiB <sub>2</sub>	
Химический состав, %		
TiB <sub>2</sub>	92,0 – 93,0	90,05 – 91,30
свободный бор	1,30 – 1,15	1,91 – 1,04
титан свободный	1,91 – 1,45	-
углерод свободный	-	1,42 – 0,92
кислород	2,29 – 1,83	3,72 – 3,52
азот	2,05 – 1,92	2,26 – 2,11
летучие	0,45 – 0,65	0,64 – 1,11
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	46000 – 48000	35000 - 37000
Форма частиц	округлая	
Окисленность порошков x10 <sup>7</sup> , кг O <sub>2</sub> /м <sup>2</sup> удельной поверхности	3,82 – 4,98	9,51 – 10,63
Производительность по сырью, кг/ч	3,6	
Производительность по TiB <sub>2</sub> , кг/ч	3,42	2,35
Интенсивность, кг/ч·м <sup>3</sup>	1556	1070

#### Библиографический список

1. Serlire M., Oye H.A. Cathodes in Aluminum Electrolysis – Dusseldorf: Aluminum – Verlag, 2010.- 698 p.

2. Сайфуллин Р.С. Исследования в области создания композиционных электрохимических покрытий (КЭП) с дисперсной фазой микро- и наночастиц // Вестник Казанского технологического университета, № 6, 2009.- С. 80 – 90.

3. Десяткова Г.И., Ягодкина Л.М., Савочкина И.Е., Халдеев Г.В. Композиционные электрохимические покрытия на основе никеля // Защита металлов, Т. 38, № 5, 2002.- С. 525 – 529.

4. Долматов В.Ю. Современная промышленная технология получения детонационных наноалмазов (НА) и основные области их использования // Нанотехнологии - производству - 2006: Труды междунар. науч.-практ. конф. М.: Янус-К. 2006.- С. 113-151.

5. Nozdrin I.V., Terenteva M.A., Galevski G.V., Rudneva V.V. Features of Electrodeposition of «Nickel – Chromium Diboride Nanopowder» Composite Coatings: // Russian Journal of Non – Ferrous Metals: 2013. V. 54. №5. Pp. 383 – 387.

УДК 669.71.017

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ АЛЮМИНИЯ А7 ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА ДОЛОМИТОМ И СТАРЕНИЯ**

**Малюх М.А.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Попова М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: malyuh\_ma@uui.sibsiu.ru*

Приведены результаты исследований влияния обработки расплава смесью карбонатов щелочноземельных металлов и последующей термообработки (старения) на температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) технического алюминия. Установлено, что оптимальное сочетание обработки расплава, температуры заливки и последующего режима старения способствует дополнительному снижению ТКЛР технического алюминия.

Ключевые слова: температурный коэффициент линейного расширения, алюминий, термообработка, расплав, доломит.

В современном материаловедении чрезвычайно важной является проблема расширения и сжатия. Вопрос о разработке сплавов с регулируемым температурным коэффициентом линейного расширения до сих пор остается открытым [1].

В настоящее время в приборной технике широко используются сплавы инварного типа. Инвар (сплав Ni36) обладает неизменяющимся низким значением КЛР при температурах испытания 50 – 100 °С ( $\alpha = 1-2 \times 10^{-6} \text{град}^{-1}$ ). Этот сплав на основе системы Fe – Ni, следовательно, имеет большой вес, высокую товарную цену и сложный технологический процесс изготовления изделий [2]. Именно поэтому наиболее актуальным в проблеме расширения и сжатия является получение легких алюминиевых сплавов с малым тепло-

вым расширением (приборы космической техники, поршни двигателей внутреннего сгорания и многое другое).

Для разработки легких алюминиевых сплавов необходимо начинать с изучения особенностей расширения технического алюминия А7. Известно, что значительно понижают ТКЛР алюминия легирующие элементы, которые имеют коэффициент ниже, чем у алюминия [3]. Следует отметить, что введение легирующих элементов в количествах, значительно превышающих их предел растворимости в алюминии, неблагоприятно сказывается на структуре и общем комплексе свойств алюминия.

Существует возможность снижения ТКЛР алюминия марки А7 за счет обработки расплава, которую можно рассматривать как микролегирование. Был разработан способ обработки расплава алюминия, заключающийся во введении в алюминиевый расплав смеси, содержащей углекислый кальций, при этом смесь дополнительно содержала углекислый магний, причем соотношение углекислого кальция и углекислого магния в смеси по массе равное, смесь вводили в расплав в количестве 1 – 7 % по массе и обработку расплава проводили в течение 3 – 15 мин [4]. Этот способ обработки обеспечивает повышение технологических и физических свойств алюминия и его сплавов.

Были проведены исследования, показывающие возможность использования водородосодержащих веществ для снижения ТКЛР алюминия [5]. В ходе экспериментов варьировали основные параметры обработки: температуру и время воздействия реагента, а также его количество. Карбонаты кальция и магния использовали для обработки расплава в виде природного минерала – доломита. Представляет интерес изучение влияния степени измельчения доломита на величину ТКЛР.

Ранее [6] было изучено влияние обработки расплава алюминия сухим доломитом ( $\text{Ca CO}_3 \cdot \text{Mg CO}_3$ ) крупной фракции (20-30 мм) на ТКЛР алюминия. В данной работе проводили обработку расплава влажным доломитом мелкой фракции (3 - 5 мм).

Образцы заливали при температурах 660 °С и 800 °С соответственно. Для определения воздействия термообработки на дополнительное снижение ТКЛР образцы для дилатометрических исследований подвергали старению при температурах 150, 200, 250, 300 °С в течение 1; 10; 20 часов. ТКЛР определяли с помощью дифференциального оптического фоторегистрирующего дилатометра системы Шевенара.

На рисунках 1 и 2 представлены результаты определения ТКЛР алюминия в зависимости от температуры заливки и режима последующего старения. Установлено, что старение алюминия в интервале 200 – 300 °С, обработанного влажным доломитом мелкой фракции ( $t_{\text{зал}} = 660$  °С), приводит к снижению ТКЛР в интервале испытания 300 – 350 °С в среднем на 5 % (рисунок 1).

Установлено, что старение алюминия в интервале 150 – 250 °С в течение 10 ч, обработанного влажным доломитом мелкой фракции ( $t_{\text{зал}} = 800$  °С), приводит к снижению ТКЛР в интервале испытания 300 – 350 °С в среднем на 10 % (рисунок 2).



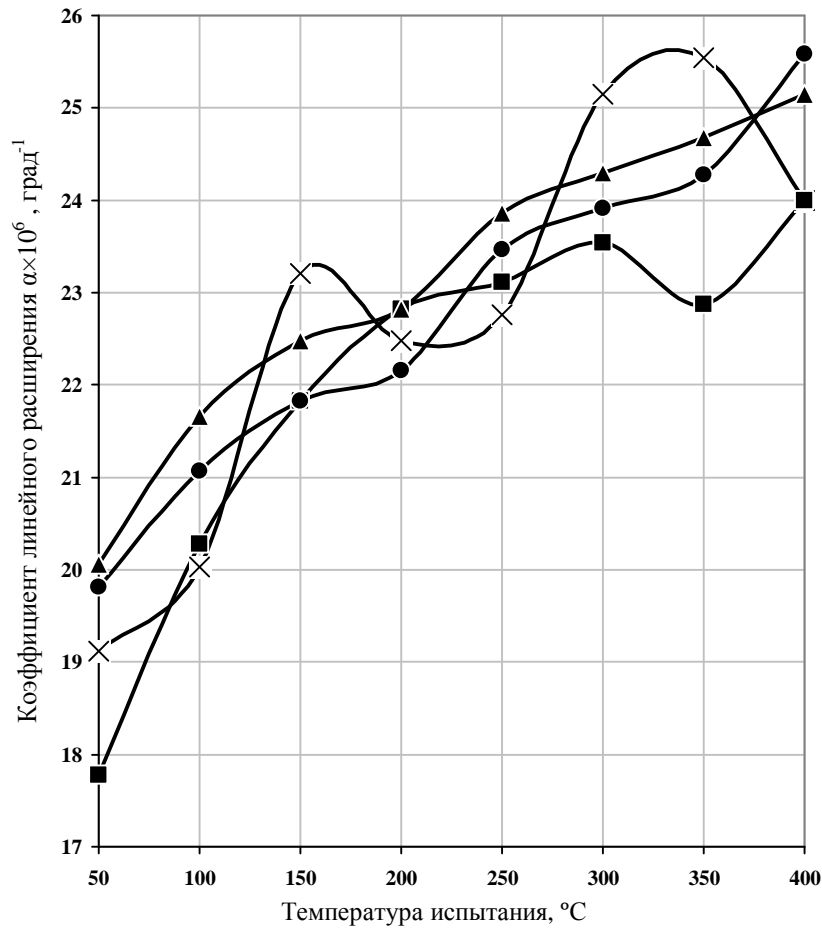


Рисунок 1 - Влияние времени старения в интервале 200 - 300°C на линейное расширение алюминия А7, обработанного доломитом мелкой фракции, ( $t_{\text{зал}}=660^{\circ}\text{C}$ )

—x— А7, без т/о                      —■— А7, 200°C, 1 ч  
 —▲— А7, 300°C, 10ч                —●— А7, 300°C, 20ч

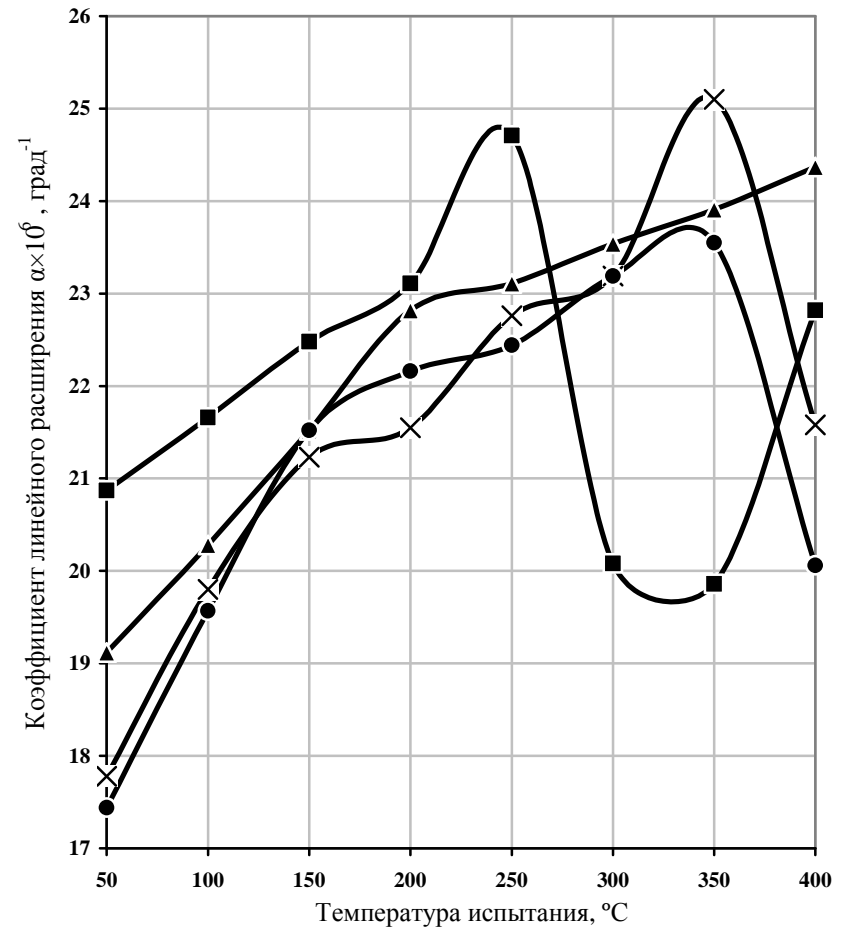


Рисунок 2 - Влияние времени старения в интервале 150 - 250 °C на линейное расширение алюминия А7, обработанного доломитом мелкой фракции, ( $t_{\text{зал}}=800^{\circ}\text{C}$ )

—x— А7, без т/о                      —■— А7, 200°C, 10 ч  
 —▲— А7, 250°C, 10 ч              —●— А7, 150°C, 20 ч

Анализируя результаты, полученные при исследовании образцов из алюминия, обработанного влажным доломитом мелкой фракции, можно сделать вывод о том, что старение приводит к дополнительному снижению ТКЛР, в пользу чего говорят следующие факты. ТКЛР литого обработанного доломитом образца составляет  $\alpha_{350}=25,1 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>, тогда как среднее значение  $\alpha_{350}$  образцов подвергнутых старению составляет  $22,5 \cdot 10^{-6}$  град<sup>-1</sup>.

#### Библиографический список

1. Афанасьев В.К., Попова М.В., Ружило А.А., Фролов В.Ф. Легкие сплавы с малым тепловым расширением. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2000. – 376 с.
2. Афанасьев В.К. Инвары: Учебное пособие / В.К. Афанасьев, М.В. Попова, С.А. Гладышев [и др.]. – Новокузнецк: СибГИУ, 2006. – 126 с.
3. Афанасьев В.К., Попова М.В., Ружило А.А., Фролов В.Ф. О влиянии легирования на тепловое расширение алюминия // *Металлы*.- 2002 г.- № 6.- С. 32-38.
4. Пат. 2136773 РФ. Способ модифицирования алюминия и его сплавов / М.В. Попова, В.В. Герцен, А.В. Доронченко, В.К. Афанасьев. - № 98104521; заявл. 05.03.98; опубл. 10.09.99.
5. Афанасьев В. К. Влияние обработки расплава водородосодержащими веществами на тепловое расширение алюминия / В.К. Афанасьев, М.В. Попова, М.А. Старостина (М.А. Малюх), Н.В. Кривичева // *Металлургия машиностроения*. – 2011. – № 3. – С. 30 – 33.
6. М.А. Старостина (М.А. Малюх) Новый способ обработки расплава и его влияние на технологические и физические свойства алюминия и его сплавов / М.А. Старостина (М.А. Малюх) // «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения». Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 4 частях. Ч.III: Технические науки – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – с.149–152.

УДК 621.791.048:669.046.587

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОВШЕВОГО СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРОЧНОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ФЛЮСА**

**Липатова У. И., Гусев А.И.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Н.А. Козырев**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

Проведены исследования возможности использования ковшевого сталеплавильного шлака при изготовлении сварочного керамического флюса. Подобран оптимальный состав флюса и выбран режим наплавки.

Ключевые слова: керамический флюс, ковшевой сталеплавильный шлак, связующий материал, наплавка.

Для изготовления керамического флюса для сварки использовали шлак производства рельсовой стали и натриевое жидкое стекло. Оптимальное соотношение, при котором возможно хорошее связывание шлака – 60% ковшевого шлака и 40% жидкого стекла.

Технология изготовления: после смешения флюс выдерживали в течение суток при комнатной температуре, далее проводили сушку в печи при температуре 300 °С в течении 4 часов. После охлаждения флюс дробили и рассеивали на фракцию 04–2,5 мм [1, С. 8-19]. При изготовлении использовали ковшевой сталеплавильный шлак, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав ковшевого сталеплавильного шлака, %

FeO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	F	C	S	P
1,2	0,2	44,97	33,1	5,63	10,31	0,26	3,05	до 0,11	1,15	0,02

Химический состав ковшевого шлака сталеплавильного производства был выполнен на рентгено-флуоресцентном спектрометре ARL 9900.

Для изготовления сварочного флюса использовали высокомодульное (от 3,1 до 3,5) натриевое стекло по ГОСТ 13078-81.

Химический состав изготовленного флюса приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав флюса

FeO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F	C	S	P
4,45	0,67	37,16	38,19	4,37	8,27	3,60	до 0,17	2,20	до 0,33	0,57	0,02

Наплавку производили сварочным трактором ASAW-1250 с использованием сварочной проволоки марки Св-08А диаметром 4 мм при различных режимах. Во время сварки под флюсом наблюдалось стабильное горение дуги. Режимы наплавки изменялись в пределах: I<sub>св</sub> = 680–690 А; U<sub>д</sub> = 27–30 В; V<sub>св</sub> = 21–27 м/ч. Полученный наплавленный валик при оптимальном режиме показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – наплавленный валик при оптимальном режиме

Химический состав шлаковой корки приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав шлаковой корки

FeO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F	C	S	P
0,87	0,16	37,51	41,80	4,32	7,30	4,41	до 0,16	2,24	до 0,32	0,89	0,02

В результате экспериментов определено, что оптимальным режимом наплавки является:  $I_{св} = 680$  А;  $U_{д} = 27$  В;  $V_{св} = 22$  м/ч.

*Выводы:*

1. Показана принципиальная возможность использования ковшевого шлака сталеплавильного производства для изготовления флюса.

2. Разработана технология изготовления керамического флюса при соотношении 60% ковшевого шлака и 40% жидкого стекла.

3. Подобран оптимальный режим наплавки:  $I_{св} = 680$  А;  $U_{д} = 27$  В;  $V_{св} = 22$  м/ч, обеспечивающий наименьшее количество пор и лучшее качество поверхности шва.

#### Библиографический список

1. Подгаецкий В. В. Сварочные флюсы: учебник / В. В. Подгаецкий, И. И. Люборец. – К.: Техника, 1984. – 167 с.

УДК 621.791.048

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОВШЕВОГО СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ ДЛЯ НАПЛАВКИ

**Махин Д.И., Хайретдинова Ю.Н.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Козырев Н. А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

В результате исследований подобран состав керамического флюса для наплавки, изготовленный из сталеплавильного шлака и жидкого стекла. Разработаны технологические режимы наплавки.

Ключевые слова: керамический флюс, ковшевой шлак, наплавка.

Керамические флюсы представляют собой цементированную вяжущим веществом или спеканием механическую смесь порошкообразных компонентов, изготовленную в виде крупки соответствующей грануляции [1]. Одним из недостатков керамических флюсов является использование в качестве компонентов первородных материалов, требующих предварительную подготовку при изготовлении, в том числе помол. В связи с этим для снижения себестоимости керамического флюсов, целесообразно использование шлаковых отходов.

В данной работе изучены возможности использования саморассыпающегося ковшевого шлака от производства рельсовых сталей.

В исследовании использовали ковшевой шлак с химическим составом, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав ковшевого шлака сталеплавильного производства

Массовая доля элементов %											
FeO	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F	C	S	P
1,2	0,2	44,97	33,1	5,63	10,31	0,26	0	3,05	<0.11	1.15	0,02

Ковшевой шлак замешивается с жидким стеклом при соотношении 67% ковшевого сталеплавильного шлака и 33% жидкого стекла.

После смешивания масса сушилась в течение 12 ч на воздухе. Далее прокаливалась 4 ч при температуре 250 °С для удаления остатков влаги и повышения механической прочности зерен за счет реакции схватывания жидкого стекла с частицами флюса, затем, проводилось дробление и рассев до фракции 0,45-3 мм.

Наплавка производилась на пластине толщиной 16 мм сварочным трактором ASAW-1250 (Таблица 2) с использованием сварочной проволоки марки (Св-08А)

Таблица 2 – Технические характеристики сварочного трактора ASAW-1250

Номинальное напряжение питания, В	120
Номинальная потребляемая мощность, кВт/А	0,4
Диаметр проволоки, мм	1,6 - 6,0
Диапазон скорости сварки, см/мин	10 - 150
Диапазон скорости подачи проволоки, м/мин	0,3 - 3,0
Вертикальная регулировка мундштука, мм	100
Горизонтальная регулировка, мм	70
Поворот вокруг вертикальной оси	±90°
Обратные регулировки, мм	100
Сварка "в лодочку"	±45°
Размеры, мм	1020×480×740
Вес, кг	54

В ходе исследования подобран оптимальный режим наплавки, обеспечивший получение во время сварки под флюсом стабильное горение дуги, и обеспечивающий равномерный шов хорошего качества без наплывов, подрезов и без видимых пор (таблица 3).

Таблица 3 - Режимы сварки, обеспечивающие хорошее формирование качества шва

№ Режима	I <sub>св</sub> , А	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , М/ч	Выявленные дефекты при визуальном осмотре
1	550	27	30	наплывы и крупные поры
2	600	27	30	крупные поры
3	650	27	30	мелкие поры
4	680	27	30	поры отсутствуют

*Выводы:*

1. Показана принципиальная возможность использования ковшевого шлака сталеплавильного производства для изготовления флюса.

2. Разработана технология изготовления керамического флюса при соотношении 67% ковшевого шлака и 33% жидкого стекла. Подобран оптимальный режим наплавки:  $I_{св} = 680$  А;  $U_d = 27$  В;  $V_{св} = 30$  м/ч обеспечивающий хорошее формирование качества шва.

Библиографический список

1. Подгаецкий В.В. Сварочные флюсы /В.В. Подгаецкий, И.И. Люборец – Киев: Техника, 1984- 167с.

УДК 621.791 048

**ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕХОДА НА СВАРКУ ПОД  
КЕРАМИЧЕСКИМИ ФЛЮСАМИ**

**Лазарь В.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Вострецов Г.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассмотрен сравнительный анализ флюсов АН-348А и Ф900 для сравнения преимуществ керамических флюсов перед плавленными, анализа перехода современного сварочного производства на сварку под керамическими флюсами, путём сравнения химического состава и механических свойств сварных швов, заваренных под данными флюсами.

Ключевые слова: сварка, Ф900, АН-348А, керамический флюс, плавленный флюс.

В настоящее время пользуются спросом резервуары для нефтепродуктов и воды, способных выдержать низкие температуры и воздействия от конструкций и находящегося внутри продукта. Основные металлоконструкции резервуаров изготавливаются методом автоматической сварки под флюсом [1, С. 35-36].

Изготовитель, выбирая флюс для сварки, сталкивается с тем, что кроме традиционных плавленных флюсов, пользуются спросом керамические флюсы [2, С.29-30, 34]. Чтобы понять современную тенденцию перехода на сварку под керамическими флюсами, требуется провести сравнительный анализ, для которого выбран популярный ранее плавленный флюс АН-348А и представитель керамических флюсов – флюс Ф900 производства «Центросталь».

Сварочный флюс АН-348А предназначен для механизированной сварки и наплавки конструкций из низкоуглеродистых нелегированных и низко-

легированных сталей с использованием проволокой марок Св-08, Св-08ГА, рекомендован при температурах эксплуатации конструкций до минус 40°С.

Керамический флюс Ф900 алюминатно-основного типа предназначен для выполнения одно- и многопроходных швов на листах любой толщины. Пригоден для сварки большинства категорий нелегированных и низколегированных сталей.

Переход на применение керамических флюсов вместо плавящихся даёт экономию расхода флюса при изготовлении металлоконструкций на 15-20% и уменьшение энергозатрат, по сравнению с плавящимися флюсами, на 60-70% [2, С.34; 3, С.28]. Кроме того, керамические флюсы легируют сварочный шов и улучшают механические свойства наплавленного металла [3, С.27-28].

Испытания флюсов проводились на образцах толщиной 10 и 12 мм из стали 09Г2С, варился шов без разделки С7 проволокой Св-08ГА (рисунок 1).

Сравним сварочно-технологические свойства сварки под флюсами АН-348А и Ф900. Форма сварного шва под сваркой под обеими флюсами почти не отличается, не смотря на разную насыпную плотность: 1,1 для флюса Ф900 и 1,8 для флюса АН-348А. Насыпная плотность влияет на расход флюсов при сварке, на 1 метр шва расход флюса Ф900 на 40-45% меньше. Шлаковая корка после сварки под флюсами отделяется хорошо и не остаётся на металле шва.



а)

б)

а – шов под флюсом АН-348А; б – шов под флюсом Ф900

Рисунок 1 – Образцы, заваренные под флюсами Ф900 и АН-348А

Сравним физико-химические свойства сварки под флюсами АН-348А и Ф900. Химический состав швов, полученных при сварке под флюсами Ф900 и АН-348А заметно отличаются. Швы, заваренные под флюсом Ф900, теряют заметно меньше кремния, чем при сварке под флюсом АН-348А, а

марганцем, хромом и никелем заметно даже легирование металла шва.

Металлографические исследования структуры сварных швов примерно одинаковы. Рентгеновский контроль и УЗК дефектов не выявили.

Использование флюса Ф900 предпочтительнее из-за оказания более существенного влияния на механические характеристики сварного шва, чем при использовании флюса АН-348А. По всем параметрам керамический флюс выигрывает, что особенно заметно при испытании на ударную вязкость КСУ.

Таблица 1 – Химический состав основного металла и сварного соединения

Объект	Содержание элементов, %								С <sub>экв</sub> , %
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
Св.шов 1	0,081	0,590	1,444	0,020	0,011	0,114	0,017	0,102	0,388
Св.шов 2	0,089	0,629	1,496	0,027	0,012	0,130	0,027	0,112	0,415
Осн.Ме	0,110	0,70	1,28	0,013	0,003	0,17	0,02	0,12	0,404

Таблица 2 – Механические свойства металла шва и сварного соединения

Объект	Механические свойства			Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	Угол изгиба, град.	Температура испытаний, °С
	Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удлинение, %	Св.шов, КСУ		
Допускаемое	500	350	20	34	100	-40
Св.шов 1	532, 536	371, 375	23, 25	92, 100, 120	>120	-40
Св.шов 2	535, 542	375, 397	24, 25	151, 176, 135	>120	-40
Осн.Ме	530	395	22,5	350, 313, 341	уд	-40

*Вывод:* Экспериментально доказано, что переход на керамические флюсы, как Ф900, вместо плавящихся флюсов, как АН-348А, оправдана технологически и рекомендовано для производства.

#### Библиографический список

1. Дуговая сварка нефтеналивных вертикальных резервуаров, эксплуатируемых в условиях низких температур. / Н.Е. Крюков, И.Н. Ковальский, Н.А. Козырев, И.Ф. Игушев // Сварочное производство, №5, 2012.- С.35-39.
2. Особенности агломерированных (керамических) флюсов при сварке. / В.В. Головкин, Н.Н. Потапов // Сварочное производство, №6, 2010.- С.29-34.
3. Преимущества и недостатки керамических (агломерированных) флюсов по сравнению с плавящимися флюсами аналогичного назначения. / О.В. Бублик, С.В. Чамов // Сварочное производство, №2, 2009.- С.27-30.



## **ФОРМИРОВАНИЕ СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКЕ ПОД КЕРАМИЧЕСКИМИ И ПЛАВЛЕННЫМИ ФЛЮСАМИ**

**Лазарь В.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Вострецов Г.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассмотрен сравнительный анализ флюсов АН-348А и Ф900 для сравнения и раскрытия физико-химических процессов, происходящих при сварке под керамическими и плавленными флюсами, путём сравнения химического состава и формы свойств сварных швов, заваренных под данными флюсами.

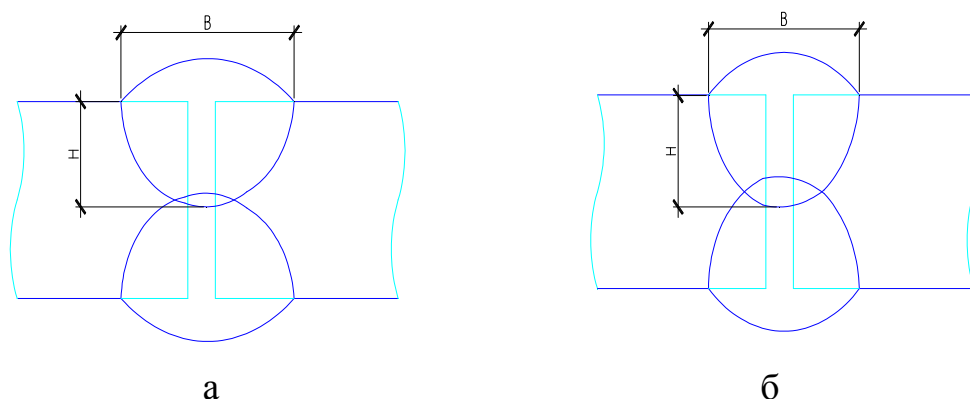
Ключевые слова: процессы при сварке, Ф900, АН-348А, керамический флюс, плавленный флюс.

Керамические и плавленые флюсы, даже одинакового назначения и похожих свойств, дают разные результаты. Причина в разных способах изготовления флюсов, оказывающих разное влияние на составляющие флюсов – шихту. Согласно статьям [1, С. 29-30] и [2, С. 27-28], главное отличие керамических флюсов от плавленных в температурных режимах при изготовлении флюсов. Плавленные флюсы оказываются окисленные, насыщенные кислородом, а керамические больше склонны впитывать влагу [2, С.28]. Это оказывает прямое влияние на форму проплавления металла шва.

Для сравнения проводилась сварка двустороннего шва без разделки С7 под флюсами АН-348А и Ф900 на образцах толщиной 10 и 12 мм из стали 09Г2С при силе тока 680-690А, напряжении 32-35В и скорости сварки 29 м/ч. При сварке температура сопутствующего подогрева составляла 150°С. Оба флюса предварительно прокаливались при температуре 200°С. Из заваренных образцов изготавливались поперечные шлифы, на которых замерялись геометрические характеристики швов. Принципиальная схема проплавления при сварке под флюсами. Принципиальная схема проплавления при сварке под флюсами представлена на рисунке 1.

По результатам, сведённым в таблицу 1, видно, что размеры швов заметно отличаются друг от друга, керамический флюс отличился большей глубиной проплавления. Это объясняется особенностями изготовления керамического флюса в сравнении с плавленным, в результате большим переходом серы и кислорода в металл шва, а также стабилизацией горения дуги из-за наличия в керамическом флюсе жидкого стекла, участвующего как связующее шихты при изготовлении керамических флюсов [3, С.20-22; 2, С.28-30]. Влияние кислорода, содержащегося во флюсе, на металл шва при сварке под флюсом заставляет расплавленный металл меньше растекаться к краям и сосредотачиваться ближе к сварочной дуге, что ведёт к увеличению глубины

проплавления, аналогичного действия и сера [3, С.20]. Химический анализ металла швов показал, что серы переходит в металл шва на 0,006% больше при сварке под флюсом Ф900, чем при сварке под флюсом АН-348А, что в том числе оказало влияние.



а – под плавным флюсом АН-348А; б – под керамическим флюсом Ф900  
Рисунок 1 – Принципиальная схема проплавления при сварке под флюсами

Таблица 1 – Размеры сварных швов

Флюс	В, мм	Н, мм	В/Н
АН-348А	22	8	2,75
Ф900	21	9	2,33

Таблица 2 – Химический состав основного металла и сварного соединения

Объект	Содержание элементов, %								С <sub>экв</sub> , %
	С	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
Св.шов 1	0,081	0,590	1,444	0,020	0,011	0,114	0,017	0,102	0,388
Св.шов 2	0,089	0,629	1,496	0,027	0,012	0,130	0,027	0,112	0,415
Осн.Ме	0,110	0,70	1,28	0,013	0,003	0,17	0,02	0,12	0,404

**Вывод:** Физико-химические процессы, происходящие при сварке под керамическим флюсом, позволяют получить большую глубину проплавления.

#### Библиографический список

1. Особенности агломерированных (керамических) флюсов при сварке. / В.В. Головкин, Н.Н. Потапов // Сварочное производство, 2010, №6, С.29-34.
2. Преимущества и недостатки керамических (агломерированных) флюсов по сравнению с плавными флюсами аналогичного назначения. / О.В. Бублик, С.В. Чамов // Сварочное производство, 2009, №2, С.27-30.
3. Влияние физико-химических свойств флюса на движение металла в сварочной ванне / В.В. Головкин // Автоматическая сварка, № 9-10, 1994.- С.20-23.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВВЕДЕНИЯ В СОСТАВ  
ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛКИ C—Si—Mn—Cr—V—Mo  
УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЮЩЕЙ ДОБАВКИ И НИКЕЛЯ**

**Титов Д.А., Осетковский И.В., Гусев А.И**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Козырев Н.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

На металлургических предприятиях России широко используется наплавка прокатных валков для восстановления и повышения стойкости. Несмотря на широкий спектр используемых систем для наплавки, широкое распространение получила система C-Si-Mn-Cr-V-Mo.

Ключевые слова: наплавка, прокатный валок, стойкость, система наплавки.

При наплавке валков со сложными калибрами возникают большие трудности с механической обработкой наплавленного слоя из-за его относительно высокой твердости. Для таких валков перспективно использование наплавочных материалов типа мартенситно-стареющих или дисперсионно-твердеющих сталей. После наплавки такие стали имеют твердость 28...35 HRC<sub>3</sub>. После отпуска твердость возрастает до 48...55 HRC<sub>3</sub>, и наплавленный металл приобретает высокие служебные свойства.

Работа в этой системе позволяет получать наибольшее сопротивление термической усталости металла. Данная система, представленная порошковой проволокой типа ПП-Нп-25Х5ФМС, позволяет получать высокие значения ударной вязкости наплавленного металла при повышенных температурах.

В лабораторных условиях были изготовлены образцы стандартной порошковой проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС. Многослойную наплавку образцов производили с предварительным подогревом пластин до 350<sup>0</sup>С и последующим (после наплавки) замедленным охлаждением. Наплавку проводили сварочным трактором АSAW-1250 с использованием изготовленной порошковой проволоки на пластины из стали 09Г2С в 5 слоев, режим наплавки: сварочный ток I<sub>д</sub>=400А, напряжение на дуге U<sub>д</sub> = 32В, скорость сварки v<sub>н</sub>=0,8 см/с.

При изготовлении проволоки содержание кремния, марганца, хрома, ванадия варьировалось гораздо шире значений для данных элементов, предусмотренных для проволоки ПП-Нп-25Х5ФМС в ГОСТ 26101-84. В состав ряда образцов проволоки ввели никель, а аморфный углерод заменили на углеродфторсодержащую пыль (отходы металлургического производства), со следующим химическим составом, масс. %: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =21-46; F<sup>+</sup> =18-27; Na<sub>2</sub>O = 8-15; K<sub>2</sub>O=0,4 – 6%; CaO=0,7- 2,3; SiO<sub>2</sub>=0,5-2,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=2,1-3,3; C<sub>общ</sub>=12,5-

30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18. Проведенные ранее эксперименты по использованию данного материала в качестве добавки для сварочных флюсов показали, что углерод в составе углеродфторсодержащей пыли обладает повышенной активностью, раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и шлаке с образованием оксидов углерода. Для имитации окислительно-восстановительных процессов при наплавке использовали слабоокислительный флюс марки АН-67 по ГОСТ Р 52222-2004. Как показали эксперименты, образующийся шлак практически не окисляет легирующие элементы в составе наплавленного металла

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71(таблица 1).

Таблица 1 - Составы исследуемых порошковых проволок и твердость наплавленного металла

№	Массовая доля элементов, %											HRC (HB)	ОДА
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	W	V	Ti		
1	0,16	1,77	2,25	0,26	3,51	1,51	0,16	0,044	0,107	3,25	0,018	(186,2)	-
2	0,15	1,59	1,67	0,18	0,35	1,11	0,16	0,032	0,06	0,35	0,006	43,2	4,3
3	0,20	1,33	2,16	0,17	3,52	1,51	0,13	0,04	0,09	0,36	0,020	48,1	5,6
4	0,24	0,93	2,11	0,15	3,18	1,31	0,21	0,054	0,071	0,46	0,021	51,8	15,6
5	0,31	1,19	2,13	0,20	3,50	1,34	0,32	0,064	0,074	0,47	0,022	53,4	14,7
6	0,24	0,92	1,93	0,22	3,00	1,85	0,38	0,034	0,081	0,43	0,014	54,14	8,4

Примечание: 1) ОДА – объемная доля остаточного аустенита, 2) образец 1 и 2 – изготовлены с использованием графита аморфного; 3-6 – с применением углеродфторсодержащей пыли и порошка никеля при различных концентрациях

Металлографическое исследование микрошлифов проводилось с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле при различных увеличениях после травления в спиртовом растворе азотной кислоты, а также в растворе плавиковой кислоты. Замеры твердости проводили ультразвуковым твердомером УЗИТ -3.

Как видно из приведенных рисунков 1 и 2, введенный в состав порошковой проволоки аустенитообразующий элемент – никель способствовал дополнительному измельчению зерна.

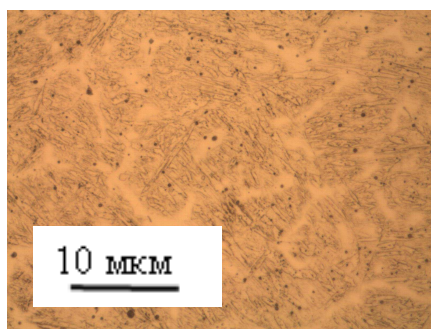


Рисунок 1 - Мартенсит (темный), остаточный аустенит (светло желтый), мелкодисперсные карбиды,  $\times 1000$

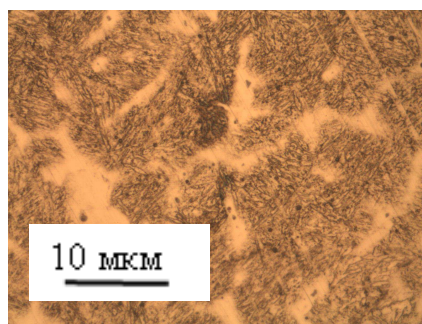


Рисунок 2 - Остаточный аустенит (светлые поля), мартенсит (коричневый), карбиды,  $\times 1000$

Таким образом, введение в состав проволоки системы С-Si-Mn-Cr-V-Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля позволяет значительно снизить уровень загрязненности оксидными неметаллическими включениями наплавляемого металла, измельчению зерна, а также способствует образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости прокатных валков.

УДК 621.791.048:669.046.587

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ФЛЮС-ДОБАВОК ДЛЯ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ**

**Крюков Р.Е.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Козырев Н.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

Приведен сравнительный анализ влияния введения различных углеродсодержащих минералов в состав сварочных флюсов и добавок к ним в качестве газообразующих соединений на снижение газонасыщенности расплавленного металла.

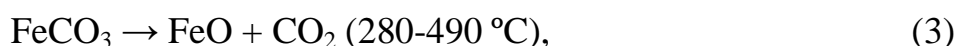
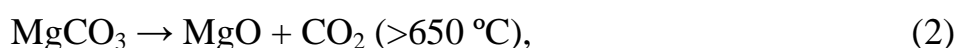
Показано положительное влияние применения углеродсодержащих

добавок на механические свойства сварных швов.

Ключевые слова: сварочные флюсы, сварка под флюсом, ударная вязкость, газовая защита

В настоящее время возросло внимание к вопросу разработки новых флюсов и добавок к ним, исследование их влияния на сварочно-технологические свойства сварного шва, а также на содержание кислорода и неметаллических включений в сварном шве.

Защита сварочной ванны под флюсом может осуществляться не только образующимся из флюса шлаком, но и, при введении во флюсы определенных добавок, комбинированно с использованием газошлаковой защиты. Такая защита осуществляется отношением атмосферных газов из области сварного шва образующимися газами  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}$ ), что позволяет снизить (или исключить) вероятность насыщения расплавленного металла кислородом, азотом и водородом атмосферы. Обычно для этого используют газообразующие соединения карбонатов типа  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{MnCO}_3$  и их производные. При этом газовая защита осуществляется за счет  $\text{CO}_2$  вследствие высоко-температурного разложения карбонатов по реакциям при температурах [1]:



Стехиометрические расчеты показывают, что при разложении 1 кг  $\text{CaCO}_3$  образуется  $0,224 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ , 1 кг  $\text{MgCO}_3$  -  $0,267 \text{ м}^3$ , 1 кг  $\text{FeCO}_3$  -  $0,192 \text{ м}^3$ , 1 кг  $\text{MnCO}_3$  -  $0,194 \text{ м}^3$ .

При этом выделение будет происходить при высоком давлении отходящих газов.

Исходя из уравнения Менделеева – Клапейрона при  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $1873\text{K}$ ) давление  $\text{CO}_2$  составит

$$p = \frac{m}{M} \cdot \frac{RT}{V} \quad (5)$$

Тогда согласно уравнению (5) для  $\text{CaCO}_3$  давление  $\text{CO}_2$  составит  $694,84 \text{ кПа}$ , для  $\text{MgCO}_3$  -  $688,93 \text{ кПа}$ , для  $\text{FeCO}_3$  -  $698,26 \text{ кПа}$ , для  $\text{MnCO}_3$  -  $696,54 \text{ кПа}$ .

Без учета затрат разложения карбонатов наиболее оптимальным является использование  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{CaCO}_3$  как компонентов позволяющих получить наибольшее количество  $\text{CO}_2$  при разложении 1 кг материала, затем следуют  $\text{MnCO}_3$  и  $\text{FeCO}_3$ .

Кроме того следует отметить, что при разложении  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  образуются основные оксиды  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ , участвующие в повышении основности сварочного флюса и соответственно образующегося шлака, а при разло-

жении  $MnCO_3$  и  $FeCO_3$  образуются оксиды  $FeO$  и  $MnO$ , участвующие в повышении окисленности шлаковых систем и соответственно увеличивающие концентрацию кислорода в сварном шве со всеми отрицательными последствиями (повышение уровня загрязненности сварного шва оксидными полиметаллическими включениями и снижение комплекса механических свойств).

Используя вышеперечисленные предпосылки нами разработана, защищенная патентом РФ флюс – добавка АНК, успешно внедренная в производство в условиях ОАО «НЗРМК им. Н.Е. Крюкова»[2].

Однако, образование защитных газов  $CO$  и  $CO_2$  возможно с использованием углерода введенного в состав флюсов по реакциям:



На 1 кг углерода выделится при нормальных условиях  $1,863 \text{ м}^3 CO_2$  и  $1,864 \text{ м}^3 CO$ , при этом давление при  $1600 \text{ }^\circ\text{C}$  составит для  $CO_2$  -  $311,66 \text{ кПа}$ , для  $CO$  -  $694,84 \text{ кПа}$

Исходя из данных предпосылок нами разработана технология сварки под флюсом с использованием углеродсодержащих добавок

За основу углеродфторсодержащей добавки были взяты отходы металлургического производства в виде пыли с химическим составом масс. %:  $Al_2O_3 = 21-46,23$ ;  $F = 18-27$ ;  $Na_2O = 8-15$ ;  $K_2O = 0,4 - 6$ ;  $CaO = 0,7- 2,3$ ;  $SiO_2 = 0,5-2,48$ ;  $Fe_2O_3 = 2,1-3,27$ ;  $C_{\text{общ}} = 12,5-30,2$ ;  $MnO = 0,07-0,9$ ;  $MgO = 0,06-0,9$ ;  $S = 0,09-0,19$ ;  $P = 0,1-0,18$ .

Минералогический состав пыли электрофильтров определен на основе данных рентгеноструктурного анализа, проведенного на дифрактометре ДРОН-2 в режиме: Fe-K $\alpha$  излучение, напряжение 26кВ, ток 30 мА.

Исследования пыли электрофильтров показало, что материал состоит из двухмерноупорядоченного углерода ( $d_{002} = 3,47 \text{ \AA}$ ,  $L_c = 45,8 \text{ \AA}$ ), рентгеноаморфного вещества, криолита, корунда, хиолита и различных примесей. При озолении при  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  анализ дифрактограмм обожженного продукта свидетельствует об отсутствии отражений минерала графита, что связано с практически полным выгоранием в данном температурном интервале углеродистой массы, а также о значительном сглаживании кривой на дифрактограмме и уменьшению рентгеноаморфного вещества, что возможно связано с тем, что рентгеноаморфное вещество возможно состоит в основном из соединений углерода. При температуре  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  зафиксировано изменение интенсивности отражений минерализирующих компонентов в виде криолита, корунда, рентгеноаморфного вещества, флюорита, гематита и различных примесей

Добавку к флюсу готовили смешением углеродфторсодержащего компонента с жидким стеклом, после чего осуществляли сушку, охлаждение и дробление. Затем добавку перемешивали с флюсом в специальном смесителе в определенном, строго заданном соотношении. Для исследования были взяты флюсы марок АН-348А, АН-60, АН-67 как базовые варианты и их смеси с

добавлением флюса-добавки.

Эксперименты проводились на образцах из стали 09Г2С толщиной 16 мм размером 200×500 мм. Сварка стыковых швов без разделки кромок проводилась с двух сторон, как при сварке полотнищ стенок резервуаров на стенде для рулонирования. В качестве присадочного металла использовалась проволока Св-08ГА диаметром 5 мм. Сварку образцов под флюсами проводили на одинаковых режимах. Из сваренных пластин были вырезаны образцы для исследования ударной вязкости сварных швов.

Изучение показателей ударной вязкости KCV при температуре минус 20°С на образцах, вырезанных по ГОСТ 6996-66, показало, что уровень свойств возрастает с увеличением углеродфторсодержащей добавки (рисунок 1).

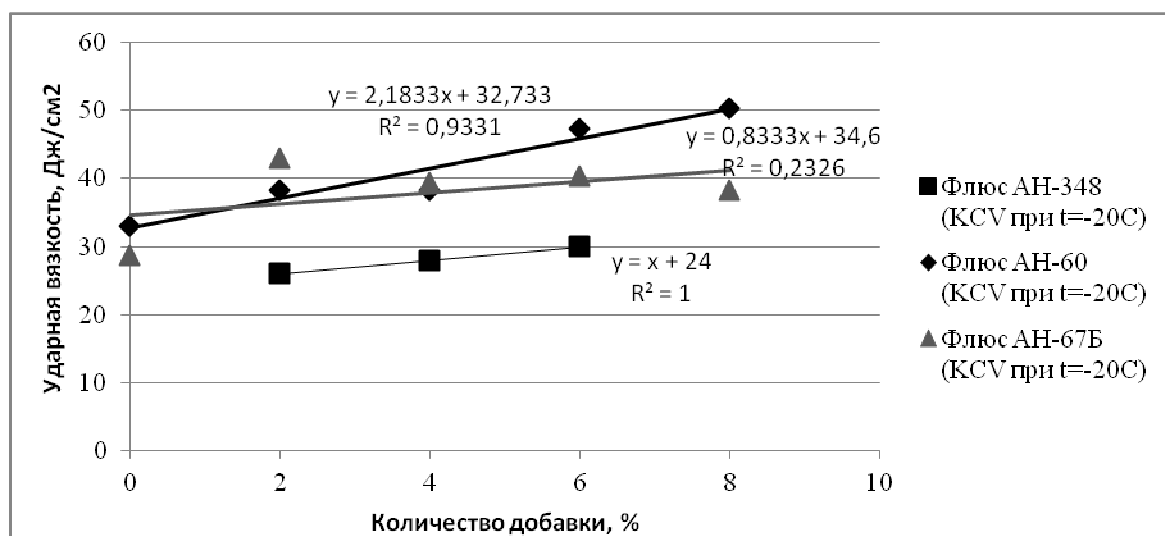


Рисунок 1 – Изменение ударной вязкости KCV при температуре минус 20°С от количества углеродфторсодержащей добавки.

**Выводы:** Проведенные расчеты и эксперименты показали возможность и перспективность использования углеродфторсодержащих добавок для сварочных флюсов с целью повышения механических свойств сварных металлоконструкций.

Разработанные флюс-добавки защищены патентами РФ [3, 4].

#### Библиографический список

1. Реакция неорганических веществ / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева – М.: Дрофа, 2007. – 637с.
2. Manufacture of vertical bulc –oil storage tanks for northern climates using special welding materials/ Kryukov N.E., Koval'skii I.N., Kozyrev N.A., Igushev V.F., Kryukov R.E.// Steel in Translation. -2012. -Т. 42. -№ 2.-Р. 118-120.
- 3 . Пат. 2467853 РФ, МПК<sup>8</sup> В23 К35/362 Керамический флюс-добавка/ Крюков Н.Е., Ковальский И.Н., Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е.; ОАО «Новокузнецкий завод резервуарных металлоконструкций» им. Н.Е. Крюкова.- № 201112341602/02(034654), Заявл. 08.06.2011.



4. Пат. 2484936 РФ, МПК В23 К35/362 Керамический флюс-добавка/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Крюков Р.Е., Голдун З.В.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2012104939 /02(007484), Заявл. 13.02.2012.

УДК 621.791.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПЛАВОК

**Бояринцев С.Е.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Козырев Н.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

Рассмотрены факторы, влияющие на строение и свойства наплавленных слоев. Сформулированы граничные условия корректного применения методов определения химсостава, макро и микростроения, а также механических, эксплуатационных и технологических свойств наплавленного слоя.

Ключевые слова: наплавка, химсостав, строение, свойства, методы исследования

Состав, строение и свойства наплавленного слоя зависят от многих групп факторов: химсостава наплавляемого материала, параметров технологии наплавки, наплавляемой детали и её дополнительной обработки. Все факторы должны быть оптимизированы относительно требований эксплуатации и обработки деталей с учетом их взаимного влияния и взаимозависимости.

Оптимизация состава наплавляемых материалов требует огромной экспериментальной работы, т.к. в исследовании участвует большое число переменных факторов и параметров оптимизации. Для сокращения объема работы и повышения достоверности выводов целесообразно ввести в планы исследований математическое планирование и обработку результатов. Математический аппарат для эмпирических исследований разработан и широко используется во многих отраслях науки и практики. Существуют методики, приемлемые для наплавки.

Значительное сокращение объема экспериментальной работы может быть обеспечено за счет использования кибернетических программ конструирования металлических сплавов. Такие программы разрабатывались в институтах РАН, ВПК, министерства черной металлургии, а также в ряде вузов (МИСИС и др.). Потенциально возможно создание подобных программ для научных исследований кафедры металлургии, литейного и сварочного производства. Использование таких программ откроет большие перспективы для кафедры в разработке научных и технических инноваций.

При заданном составе наплавочного материала и технологии наплавки свойства наплавленного слоя в значительной степени зависят от различных уровней его строения, в первую очередь от макро и микростроения. Макроанализ предпочтительнее выполнять до микроструктурного исследования. При его выполнении можно получить информацию о наличии и статистических показателях концентраторов напряжений: трещин, пор, шлаковых включений, ликвационных зон и крупных структурных неоднородностей. В статистические показатели могут быть включены: количество, размеры, и распределение дефектов по зонам наплавки. Полезную информацию могут дать методы дефектоскопии (индукционный, магнитный, люминесцентный, ультразвуковой).

Макро и микростроение наплавленного слоя зависит от места по его сечению из-за различных термокинетических условий формирования и массопереноса. При многослойной наплавке на строение будут влиять зоны термического влияния каждого слоя. Поэтому фотографии следует сопровождать указанием координат места фотографирования (глубина от поверхности, положение по ширине слоя, расположение относительно наплавляемых слоев и зоны сплавления с деталью). Это требование также следует учитывать при определении химсостава и свойств наплавленного слоя.

Сведения о химическом составе наплавленного слоя, макро и микростроении, а также свойствах могут играть роль иллюстраций, документально подтверждающих полученные результаты. Наряду с этим они необходимы для разработки механизмов тех процессов, которые протекают непосредственно при наплавке, эксплуатации, а также при последующей обработке деталей. В случае адекватности разработанных моделей структурообразования реальным процессам можно значительно сократить объем поисковой работы. При исследовании отдельных элементов технологии наплавки, например, при разработке модификаций состава порошковой проволоки, можно ограничиться иллюстративным уровнем макро и микроанализа.

На поисковой стадии НИР и на стадии разработки в качестве параметров оптимизации предпочтительнее использовать стандартные свойства, определяемые в лабораторных условиях: твердость, прочность, вязкость, выносливость. Они не требуют значительного времени и затрат. Однако они не всегда коррелируют с эксплуатационной стойкостью и обрабатываемостью. Поэтому использование таких свойств как параметров оптимизации качества наплавки должно быть обоснованным. Наряду с их определением целесообразно проводить стендовые испытания, при которых моделируются конкретные условия работы и обработки наплавов.

Натурные испытания следует предпочесть на заключительной (внедренческой) стадии исследований, т.к. они отличаются высокой трудоемкостью и организационными сложностями.

Все технические и организационные решения на всех стадиях прикладных НИР (теоретической, поисковой, технической, внедрения, авторско-

го надзора) следует сопровождать экономическими расчетами. Себестоимость, социальная и экологическая эффективность должны быть отнесены к важнейшим показателям оптимизации. Иначе исследование превращается в самоцель и схоластику.

УДК 621.791:624

## **ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ ВО ФЛЮС АН-67Б НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ ШВОВ СТАЛИ 09Г2С**

**Шишкин П. Е.**

**Научный руководитель: Крюков Р.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

Экспериментально проанализировано влияние углеродфторсодержащей добавки во флюс АН–67Б при сварке стали 09Г2С. Установлено, что при введении добавки содержание кислорода в металле шва заметно снижается, происходит уменьшение содержания неметаллических включений, повышается прочность сварного шва и ударная вязкость, при этом содержание углерода изменяется не значительно и находится в пределах содержания в основном металле.

Ключевые слова: углеродфторсодержащая добавка, содержание кислорода, ударная вязкость, раскислитель, механические свойства.

Из результатов проведенных исследований в работах [1–3] видно, что углерод в углеродфторсодержащей добавке для плавящихся окислительных флюсов, выступая в качестве раскислителя удаляет газообразные соединения СО и СО<sub>2</sub> позволяя очистить металл шва от неметаллических включений, но при этом сам углерод частично переходит в металл шва, ухудшая механические свойства и структуру металла шва.

В этой работе экспериментально показано влияние углеродфторсодержащей добавки, которая содержит металлургические отходы и имеет следующий состав в процентах по массе: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =21–46; F =18–27; Na<sub>2</sub>O=8–15; K<sub>2</sub>O=0,4–6%; CaO=0,7–2,3; SiO<sub>2</sub>=0,5–2,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=2,1–3,3; C<sub>общ</sub>=12,5–30,2; MnO=0,07–0,9; MgO=0,06–0,9; S=0,09–0,19; P=0,10–0,18 и 10–12% жидкого стекла. В качестве исходного образца для анализа свойств металла был выбран образец, сваренный на принятом режиме без введения добавки. Для сравнения свойств металла при сварке под флюсом АН – 67Б вводили добавку в интервале 2 – 8 % от массы флюса.

Сварной шов выполняли двусторонним встык без разделки кромок. Образцы из стали 09Г2С (ГОСТ 19282–73) представляют собой лист размером 200×500 и толщиной 16 миллиметров. Сварка выполнялась при помощи

сварочного трактора ASAW – 1250 сварочной проволокой марки Св-08ГА (ГОСТ 2246–70). Режим сварки следующий: сила сварочного тока  $I_{св}=650$  А, напряжение на дуге  $U_{д}=36$  В, скорость сварки  $V_{св}=20,5$  м/ч, диаметр проволоки  $d=5$  мм.

Количество кислорода определяли по ГОСТ 17745–90 при помощи метода восстановительного плавления газоанализатором фирмы «LECO» ТС – 600. При определении содержания кислорода выявили, что с повышением содержания добавки во флюсе массовая доля кислорода понижалась и в исходном образце составила – 520 ppm, а в образце с введением 8% добавки – 348 ppm, что на 33 % меньше. Причем содержание кислорода в силикатах снизилось с 328 ppm до 132 ppm, а доля кислорода в алюминатах, алюмосиликатах кальция, силикатах кальция и магниевых шпинелях существенно не изменилась, значит количество кислорода снизилось за счет уменьшения его в силикатах. Массовая доля кислорода указана в таблице 1.

При снижении доли кислорода содержание углерода остается в пределах нормы для основного металла. При этом можно выявить некоторое равенство содержания углерода в сварном шве и основном металле при введении добавки во флюс в количестве около 5.5 %. Содержание углерода в металле шва и в основном металле указано на рисунке 1.

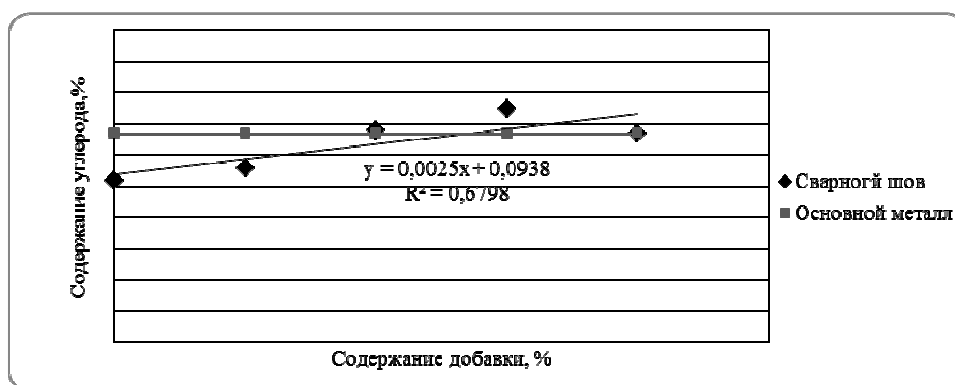


Рисунок 1 – Содержание углерода в зависимости от количества добавки

Для определения химического состава металла шва, флюса и шлака был выбран химический метод анализа: для определения содержания углерода (ГОСТ 12344 – 2003), серы (ГОСТ 12345 – 2001) и фосфора (ГОСТ 12347 – 77) в металле сварных швов, для определения содержания марганца, кремния, хрома, никеля, меди в металле и оксидов кальция, кремния, магния, алюминия, марганца, железа, калия, натрия, фтора во флюсах с добавками и полученных шлаках использовали рентгенофлуорисцентный спектрометр XRF – 1800 фирмы SHIMADZU. Можно отметить, что загрязненность оксидными неметаллическими включениями при введении добавки снижена. Металлографическую структуру металла исследовали оптическим микроскопом OLYMPUS GX-51 в светлом поле с увеличением  $\times 100$  и  $\times 200$ . Результаты исследований влияния введения добавки показали: структурные изменения отсутствуют, микроструктура проб имеет зонное строение (шов,

переходный металл, основной металл), в основном металле равновесные зерна феррита и перлит по его границам. Структура металла оценивается в 7–8 баллов (ГОСТ 5639-82). В сварном шве находятся вытянутые ферритные зерна в сторону отвода тепла. Присутствуют точечные включения оксидов и силикатов: по ГОСТ 1778-70 1 – 2 балла.

Таблица 1 – Содержание кислорода и азота в металле шва

% добавки	O, ppm	N, ppm	O в силикатах, ppm	O в алюминатах, ppm	O в алюмосиликатах Са, силикатах Са, и магниевых шпинелях, ppm
0	520	69	328,05	162,3	12,9
2	461	65	274,4	158,9	8,2
4	440,5	70,5	191,5	169,9	4,8
6	368	68,5	132,25	191,3	18,05
8	348,5	74	153,9	188,9	10,4

Разрушающий контроль образцов проводился по ГОСТ 6996–66 и выявил следующее: углеродфторсодержащая добавка во флюс повышает ударную вязкость при отрицательных температурах – это связано с уменьшением содержания кислорода в сварном шве. Также повышаются предел прочности и предел текучести металла сварного шва (таблица 2).

Таблица 2 – Механические свойства сварного шва

Кол-во добавки	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta$	KCV (–20°C), Дж/см <sup>2</sup>
0	536	383	33	32
2	567	390	30	49
4	584	407	33	56
6	584	410	30	47
8	598	417	27	45

*Выводы:*

Введение углеродфторсодержащей добавки во флюс АН – 67Б в пределах 4–6 % уменьшает содержание кислорода в металле шва, снижает газонасыщение металла шва, увеличиваются механические свойства, в том числе ударная вязкость, а процентное содержание углерода в шве остается на уровне основного металла.

Библиографический список

1. Использование углеродсодержащих добавок для сварочных флюсов / Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Голдун З.В., Крюков Р.Е., В.М. Шурупов// Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2012. – № 10. – С. 35 – 38.
2. Влияние углеродсодержащих добавок для сварочных флюсов на свойства сварных швов / Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Старовацкая С.Н.,

Крюков Р.Е., Голдун З.В. // Изв. вузов. Чер. металлургия. – 2012. – № 6. – С. 26 – 29.

3. Влияние углерод- и фторсодержащих добавок в составе флюсов на содержание неметаллических включений и свойства сварных швов / Козырев Н. А., Игушев В. Ф., Крюков Р. Е., Голдун З. В., Ковальский И. Н. // Сварочное производство. – 2012. – № 12.

УДК 621.791.927.55

## **РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

**Яблонский М.А.**

**Научный руководитель канд. тех. наук, доцент Вострецов Г.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

В данной статье проанализированы условия работы валков холодной прокатки, исследовано влияние основных легирующих элементов на твердость наплавленного теплостойкого металла, а также разработаны составы порошковых проволок на основе теплостойких инструментальных сталей высокой твердости для плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота.

Ключевые слова: Валки, наплавочные материалы, наплавка, порошковая проволока, легирующие элементы.

Валки холодной прокатки работают в условиях одновременного действия остаточных, контактных, изгибающих напряжений, тепловых нагрузок и крутящего момента. Рабочий слой должен обладать высокой прочностью, вязкостью, износостойкостью, теплостойкостью и высокой твердостью. Наиболее полно всем этим свойствам отвечают теплостойкие инструментальные стали высокой твердости, которые сочетают теплостойкость (600-700<sup>0</sup>С) с высокой твердостью (HRC 63-68) и повышенным сопротивлением пластической деформации.

Таким образом, разработка и применение наплавочных материалов на основе теплостойких инструментальных сталей является весьма актуальной задачей. Причем в зависимости от конкретных условий работы валков должен разрабатываться материал с определенными доминирующими свойствами. Например, для наплавки рабочего слоя валков холодной прокатки вольфрама и молибдена необходима высокая твердость, а для наплавки рабочего валков прокатки керамической пленки – высокая износостойкость наплавленной поверхности.

В результате анализа условий эксплуатации прокатных валков и требований, предъявляемых к рабочей поверхности можно сформулировать

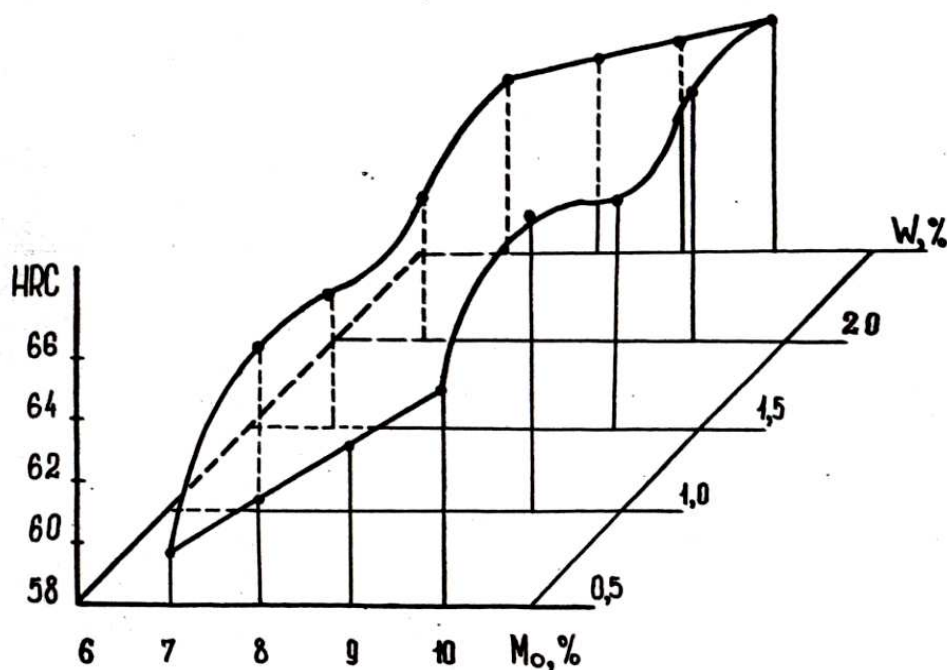
следующие основные принципы разработки наплавочных материалов:

- создание наплавленного слоя, отвечающего полному комплексу необходимых свойств (твердости, теплостойкости, износостойкости и прочности);
- оптимизация составов наплавочных материалов в зависимости от конкретных вариантов применения;
- технологичность разрабатываемых наплавочных материалов.

Поэтому целью работы является исследование влияние основных легирующих элементов на твердость наплавленного теплостойкого металла. Для достижения поставленной задачи первоначально, с помощью эксперимента и литературных данных была определена область исследования, а впоследствии с применением планирования эксперимента и метода крутого восхождения по поверхности отклика функции рассчитан оптимальный состав порошковой проволоки.

Определение твердости образцов производилось сразу после плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота и после отпуска на вторичную твердость.

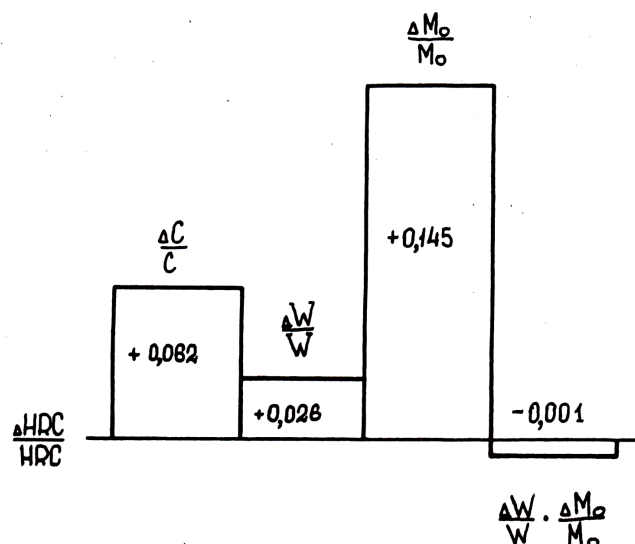
Результаты исследования приведены на рисунке 1.



$$HRC=42,25 + 5C+5,37W+1,82 Mo - 0,49W Mo$$

Рисунок 1 - Изменение вторичной твердости от содержания вольфрама и молибдена в порошковой проволоке (содержание углерода - 0,8%).

Для оценки влияния факторов полученное регрессионное уравнение можно привести к относительному виду (рисунок 2).



$$\frac{\Delta HRC}{HRC} = 0,062 \cdot \frac{\Delta C}{C} + 0,026 \cdot \frac{\Delta W}{W} + 0,145 \cdot \frac{\Delta Mo}{Mo} - 0,001 \cdot \frac{\Delta W}{W} \cdot \frac{\Delta Mo}{Mo}$$

Рисунок 2 - Влияние отклонения содержания легирующих элементов от оптимального состава на изменение вторичной твердости наплавленного металла

Из графика следует, что для соблюдения отклонения твердости от среднего значения HRC 65 в пределах  $HRC \pm 1$  можно варьировать соотношением  $\Delta C/C=25\%$  ;  $\Delta W/W= 57\%$ ;  $\Delta Mo/Mo=10\%$ . По нашим расчетам в данном диапазоне концентраций легирующих элементов в теплостойких сталях при выполнении условия сохранения неизменным значения твердости вольфрам можно частично заменить молибденом по соотношению:

$$W = (1,1 \dots 1,2)\% Mo.$$

В результате исследования были разработаны составы порошковых проволок на основе теплостойких инструментальных сталей высокой твердости для плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота (таблица 1).

Таблица 1 - Составы порошковых проволок для плазменной наплавки прокатных валков

№	Марка	Содержание (среднее) элементов, %						Вторичная твердость, HRC
		C	W	Mo	Cr	V	Al	
1	ПП-Р0М8	0,85	-	8,5	4,0	0,4	2,0	61
2	ПП-Р2М8	0,85	1,5	8,5				65
3	ПП-Р6М5	0,8	6,0	5,0				64,5

**Выводы:**

- установлена регрессионная зависимость между содержанием углерода, вольфрама и молибдена и вторичной твердостью наплавленного в среде азота теплостойкого металла;

- исходя из сохранения высокой твердости наплавленного металла,



вольфрам в порошковой проволоке можно заменить молибденом в соотношении  $Mo/W=1,0/(1,1\dots 1,2)$ ;

- разработаны составы порошковых проволок для плазменной наплавки теплостойкими инструментальными сталями прокатных валков.

#### Библиографический список

1. Пацекин, В.П. Производство порошковой проволоки Текст./ В.П. Пацекин, К.З Рахимов. — 2-е изд., перераб.и допол — М.: Металлургия, 1979. - 265 с.

2. Походня, И.К. Сварка порошковой проволокой Текст./ И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепоков. -Киев.: Наук, думка, 1972. -215 с.

УДК 621.791.92:620.03

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В СРЕДЕ**

**Горячкин Д.С.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского  
политехнического университета, Кемеровская обл., г. Юрга*

В работе рассмотрены способы введения ультра и нанодисперсных порошков в сварочную ванну при различных способах сварки плавящимся электродом.

Ключевые слова: ультрадисперсные порошки, сварка плавящимся электродом, модификаторы.

В последние годы отмечается быстрый рост научного, промышленного и коммерческого интереса к новому классу материалов, появление которого отразило стремление к миниатюризации в практике построения различных объектов. Эти материалы, обладающие необычной атомно-кристаллической решеткой и демонстрирующие уникальные свойства, в России получили название ультрадисперсных материалов (УДМ), а в западной литературе - наноструктурных материалов (НСМ) [1, С. 15].

В современном мире УДМ уже нашли свое применение в сварочном производстве. Но стоит отметить, что направления, касающиеся сварочного производства, пока являются новыми. Однако уже есть некоторые научные разработки в области внедрения УДМ в сварочное производство.

В настоящее время существуют технологии применения наноразмерных материалов при сварке плавлением (электрошлаковая и лазерная сварка) для изменения структуры металла сварного шва, и давлением (диффузионная и контактная сварка) для изменения параметров режима сварки [2, С. 5; 3, С. 4; 4, С. 10].

Основным способом получения неразъемных соединений является сварка плавящимся электродом и применение наноструктурированных материалов при данном способе является актуальной задачей.

В данной работе применялись нанопорошки  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , полученный электровзрывным методом из алюминиевой проволоки и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , полученный электроэрозионным способом и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [5, С. 11; 6, С. 46, 47]. Образцы (пластины) из углеродистой стали обыкновенного качества, пост для механизированной сварки в защитных газах, сварочная проволока Св-08ГСМТ-О диаметром 1,2 мм. Сварка производилась на следующих режимах:  $U_{\text{хх}}=30 \text{ В}$ ,  $I=200 \text{ А}$ ,  $U=28 \text{ В}$ .

Интерес в применение порошков  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  заключается в том, что они являются хорошими модификаторами.

Модификатор (от позднелат. *modifico* – видоизменяю, меняю форму) металлов и сплавов, вещество, которое существенно изменяют структуру и свойства обработанного им металла или сплава. Эффект от такой обработки называется *модифицированием*. Под модифицированием понимается процесс активного регулирования первичной кристаллизации или изменения степени дисперсности кристаллизующихся фаз путём введения в расплав добавок отдельных элементов или их соединений. Модифицирование металла осуществляется вводом в жидкий металл, как правило, комплекса химических элементов и знание их физико-химических характеристик позволяет изменить качество металла в нужном направлении [7, С.18].

Введение в сварочную ванну нанопорошков  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  производилось несколькими способами:

1. Нанопорошок добавлялся в сыпучем виде непосредственно в зону сварки перед ее началом, а именно в корень шва.
2. Нанопорошок перемешивался с жидким стеклом в пропорции 1:20 и наносился на свариваемые кромки и корень шва.
3. Нанопорошок перемешивался с жидким мылом в пропорции 1:20 и наносился на свариваемые кромки и корень шва.

Перед применением нанопорошок  $\text{Al}(\text{OH})_3$  был просушен в муфельной печи, в течение 1-го часа при температуре  $130^\circ\text{C}$  для исключения из него влаги. Далее для получения порошка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  порошок  $\text{Al}(\text{OH})_3$  прокаливался в печи в течение трех часов при температуре  $400^\circ\text{C}$  [6].

На основании вышесказанного в ходе проведения исследований по данной работе предполагается добиться следующих результатов:

1. измельчение микро- и макроструктуры сварного шва;
2. уменьшение развития химической, физической и структурной неоднородности сварных соединений;
3. добиться благоприятного изменения природы и формы неметаллических включений в сварном шве;
4. добиться повышения комплекса технологических, механических и эксплуатационных свойств сварных соединений.

## Библиографический список

1. Глава из книги "Новые материалы" под научной редакцией профессора Ю.С. Карабасова. 2009г.
2. Патон Б. Е., Ищенко А. Я., Устинов А. И. Применение нанотехнологии неразъемного соединения перспективных легких металлических материалов для аэрокосмической техники. // Автоматическая сварка. – 2008. - №12. – С. 5 - 12.
3. Ющенко К. А. Задерий Б. А., Звягинцева А. В., Кушнарера Т. Н., Несмих В. С., Полищук Е. П., Савченко В. С. Применение наноструктурных материалов при диффузионной сварке жаропрочных никелевых сплавов. // Автоматическая сварка. – 2006. – № 11. – С. 3 - 10.
4. Жеребцов С. А. Применение наноматериалов и высокотемпературной обработки никельхромовых сплавов при электрошлаковом литье. Специальность – 05.16.04 – Литейное производство. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Жеребцова С. А. Сиб. гос. индустр. ун-т; Алтайский гос. техн. ун-т. - Новокузнецк, 2006. – 22 с. на заседании диссертационного совета К 212.252.01.
5. Российская Академия Наук Сибирское отделение Институт химии нефти. Лабораторный технологический регламент - 1998г. - п. 3.4.
6. Л.П. Фоминский Некоторые аспекты электроэрозионного способа получения окиси алюминия. // Электрические процессы в технике и химии. - 1980г. - № 1, г. Новомосковск. - С. 46-49.
7. Рябчиков И.В., Панов А.Г., Корниенко А.Э. О качественных характеристиках модификаторов // М: Сталь – 2007 – № 6 – С. 18 – 23.

УДК 621.791.92:620.03

## **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ В ПРОГРАММЕ SCAD OFFICE**

**Грачев В.А.**

**Научный руководитель: Ильященко Д.П., Крюков А.В.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, Кемеровская область, г. Юрга,*

В работе рассмотрены особенности, расчет и проектирование металлоконструкций для быстровозводимых зданий в программе Scad Office.

Ключевые слова: программа Scad Office, быстровозводимые здания, расчет и проектирование металлоконструкций.

Быстровозводимые здания - это современный и крайне востребованный вид сооружений. Рост экономики в нашей стране с каждым годом тре-

бует от бизнеса все больших и больших производственных и складских помещений. Прежние варианты тяжелых конструкций из гигантских бетонных блоков не устраивают уже никого - ни строителей, ни потребителей [1].

Многим людям, желающим обзавестись собственным жильем, на сегодняшний день все больше и больше становится интересен заранее спроектированный и собранный хороший дом. Преимущества данного метода строительства видны, как говорится, невооруженным глазом. Первое, на что обязательно следует обратить внимание – это ценовая политика. Быстровозводимое здание менее дорогостоящее [2].

Основной особенностью строительства быстровозводимых зданий является работа с металлокаркасом (рисунок 1). Стены подобных сооружений обычно изготавливаются с помощью несъемной опалубки, либо, что на сегодняшний день наиболее популярно, монтируются из сэндвич-панелей. Здания из них - это высококачественная альтернатива дорогостоящим постройкам из кирпича. Сборка и разборка конструкций может занять от одного дня до трех, и никаких сложностей при повторной сборке не возникает. Эти сооружения оснащены всеми коммуникациями.



Рисунок 1 – Металлокаркас быстровозводимого здания

Быстровозводимые здания различаются по назначению:

- сооружения промышленного строительства,
- сооружения гражданского строительства.

Благодаря уникальным конструкторским технологиям и задумкам, а также материалам, использованным в ходе возведения, здания быстро монтируются и обладают хорошими физическими свойствами и небольшим тоннажем.

Несмотря на то, что здания на основе металлоконструкций возводятся гораздо быстрее кирпичных и бетонных сооружений, работа над ними от этого не становится более простой. Наоборот, если принцип строительства здания из бетонных блоков напоминает игру с кубиками, и, в конечном счете, все равно понятно, что на чем держится, то монтаж металлоконструкции - это качественный инженерный расчет и безупречная работа строителей [1].

Для успешного выполнения инженерного расчета для быстровозводимых зданий используют программу SCAD Office.

SCAD Office - программный комплекс нового поколения, позволяющий провести расчет и проектирование стальных и железобетонных конструкций. Система представляет собой набор программ, предназначенных для выполнения прочностных расчетов и проектирования строительных конструкций различного вида и назначения.

Вычислительный комплекс SCAD включает развитые средства подготовки данных, расчета, анализа результатов и не имеет ограничений на размеры и форму проектируемых сооружений.

Для инженера-проектировщика во многих случаях важными являются «простые» задачи, решение которых занимает заметную часть времени. К таким задачам можно отнести проверку сечений элементарных балок, сбор нагрузок на элементы конструкций, определение геометрических характеристик составных сечений [3].

Студентами Юргинского технологического института был разработан проект быстровозводимого здания пролетом 12 метров и возведен на территории Республики Казахстан, предприятием ООО «РосНефтеКомплект».

#### Библиографический список

- 1 Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://abigal.ru>.
- 2 Электронный ресурс/ Режим доступа <http://www.ressb.ru>.
- 3 Электронный ресурс/ Режим доступа <http://www.csoft.ru/catalog>.

УДК 621.791.92:620.03

## **МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С НАЛОЖЕНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ НА ПОДАЧУ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ**

**Журавский С.М.**

**Научный руководитель: Солодский С.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, Кемеровская обл., г. Юрга*

В работе рассмотрена технология механизированного способа сварки, обеспечивающего стабильный перенос электродного металла без использования импульсов тока. Установлено, что при использовании предложенного способа: уменьшается время перехода капли электродного металла в сварочную ванну, что позволяет увеличить скорость переноса; снижается размер капли электродного металла; улучшается перемешивание сварочной ванны; снижается разбрызгивание электродного металла.

Ключевые слова: разбрызгивание электродного металла, механические импульсы ультразвуковой частоты, сварочная проволока.

Одним из направлений повышения эффективности применения сварки в углекислом газе являются импульсно-дуговые технологии [1].

Впервые метод сварки с программным изменением величины сварочного тока был предложен в 1953г. Зайцевым М.П. В настоящее время большое количество работ, посвященных импульсно-дуговой сварке и управлению стабильностью процесса сварки в углекислом газе.

На протяжении более четырех десятилетий недостатки данного способа сварки изучали многие исследователи. Известны дорогостоящие и сложные конструктивные и технологические решения, которые, несомненно, позволяют в какой-то степени стабилизировать процесс сварки и улучшить качество швов при меньшем разбрызгивании и набрызгивании жидкого металла на околошовные поверхности сварных соединений. Для стабилизации процесса сварки применяют и используют импульсные методы: оптимизация параметров режима сварки, оптимизация параметров источника питания сварочной дуги, управляемый перенос электродного металла, импульсное питание дуги, импульсно-дуговая сварка, сварка пульсирующей дугой, сварка с управляемыми короткими замыканиями дугового промежутка, вибродуговая сварка и наплавка, сварка с импульсной подачей сварочной проволоки [2].

Задачей научной работы является разработка технологии механизированного способа сварки, обеспечивающего стабильный перенос электродного металла без использования импульсов тока.

Поставленная задача достигается тем, что в процессе сварки с постоянной подачей сварочной проволоки на проволоку накладываются упругие продольные колебания. Процесс наложения упругих продольных колебаний реализуется за счет магнитострикционных свойств сварочной проволоки, что позволяет использовать сварочную проволоку в качестве генератора механических продольных импульсов. Упругие продольные импульсы возникают при наложении на сварочную проволоку продольного магнитного поля ультразвуковой частоты ( $10^9 - 10^{12}$  Гц).

Продольные колебания создают в сварочной проволоке упругие волны. Упругие волны передают упругие продольные колебания на расплавленную каплю электродного металла, которая находится на торце сварочной проволоки в процессе сварки. При совпадении частоты продольных колебаний проволоки с собственной *частотой* колебания капли расплавленного металла создается резонанс колебаний, вызывающий резкое возрастание *амплитуды* вынужденных колебаний. Достигается эффект механического отрыва капли электродного металла. Перенос электродного металла в сварочную ванну осуществляется за счет явления резонанса.

Работа и способ реализации процесса сварки заключается в следующем.

Генератор ультразвуковых колебаний с регулируемой частотой от  $10^9$  Гц до  $10^{12}$  Гц подает импульсы тока на безинерционный соленоид, внутри которого с постоянной скоростью проходит сварочная проволока. Безинерционный соленоид под воздействием импульсов тока создает переменное

продольное магнитное поле. В сварочной проволоке за счет магнитострикционного эффекта под действием продольного магнитного поля возникают упругие продольные колебания с амплитудой  $(4-8) \cdot 10^{-9}$  м и частотой, равной частоте генератора ультразвуковых колебаний. Продольные колебания по закону распространения упругой волны перемещаются по сварочной проволоке и, возникающие на торце проволоки волны Рэлея, передаются капле электродного металла. При совпадении частоты волн Рэлея и продольных колебаний проволоки с собственной частотой колебания капли расплавленного металла возникает резонанс и резкое возрастание *амплитуды* вынужденных колебаний. Происходит механический отрыв капли электродного металла от сварочной проволоки. Для стабилизации процесса блок управления включает в себя датчик резонанса, регистрирующий резкое возрастание амплитуды колебаний. С датчика резонанса сигнал поступает на блок сравнения и коррекции, где происходит сравнение сигнала с датчика резонанса и блока заданной резонансной частоты. В случае несовпадения сигналов, блок сравнения и коррекции корректирует частоту механических колебаний капли путем изменения частоты генератора ультразвуковых колебаний.

Способ характеризуется следующими преимуществами:

а) перенос капли электродного металла осуществляется за счет явления резонанса, вызывающего механический отрыв капли электродного металла от сварочной проволоки;

б) управление переносом электродного металла происходит без периодического изменения сварочного тока дуги;

в) предлагаемый способ сварки для получения управляемого переноса не требует импульсных источников питания и специальных устройств импульсной подачи сварочной проволоки

При использовании предложенного способа:

1) уменьшается время перехода капли электродного металла в сварочную ванну, что позволяет увеличить скорость переноса;

2) снижается размер капли электродного металла;

3) улучшается перемешивание сварочной ванны,

4) снижается разбрызгивание электродного металла.

#### Библиографический список

1. Брунов О. Г., Федько В. Т., Слистин А. П. Способы импульсной подачи сварочной проволоки при сварке плавящимся электродом в  $CO_2$ . // Сварочное производство. №11, 2002.- С. 5–8.

2. Сараев Ю. Н. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки. Новосибирск: ВО "Наука", 1994.- 107 с.

## **АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ШВОВ ПРИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**

**Зюбан А.В.**

**Научный руководитель: Ильященко Д.П.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского  
политехнического университета, Кемеровская обл., г. Юрга*

В работе рассмотрены сварные соединения, полученные ручной дуговой сваркой покрытыми электродами с использованием различных источников питания. Сварные соединения, выполненные по всем исследованным режимам, с точки зрения микро- и макроструктуры являются качественными. В них отсутствуют сварочные дефекты, наплавленный металл имеет сравнительно мелкодисперсную дендритную структуры, а зона термического влияния плавно без резких границ переходит к основному металлу.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, структура сварных соединений, хромоникелевые аустенитные стали.

Хромоникелевые аустенитные стали обладают исключительно ценными свойствами, и прежде всего, очень высокой химической стойкостью в наиболее агрессивных средах. Они сочетают достаточную прочность и чрезвычайно высокую пластичность в широком диапазоне температур. К сварным швам аустенитных сталей, в зависимости от состава, свойств стали и специфических условий работы конструкций, предъявляются дополнительные требования, помимо обычных для сварки требований прочности, пластичности, отсутствия трещин и пор [1, 2].

Исследовались образцы трех сварных соединений С17 [3], выполненных из стали 12Х18Н9Т электродами марки ЦЛ 11 типа 08Х20Н9Г2Б. Толщина свариваемых листов 3 мм.

Опыт 1 источник питания ВД-306.

Опыт 2 источник питания ВД-306 + на поверхность сварного соединения наносили защитное покрытие [3].

Опыт №3 источник питания Nebula 315.

Изучались поперечные микрошлифы методом оптической металлографии на микроскопе Neophot-21 с записью изображений при помощи цифровой камеры Genius Vileacam. При изготовлении шлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте АСМ 10/7 НВЛ и химическое травление в «царской водке» (40% HCl + 40% HNO<sub>3</sub> + 10% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

Детальные исследования проведены с применением оптической микроскопии при увеличениях ×200 и ×400.



Структура основного металла в местах, удаленных от сварного шва на 15...20 мм соответствует типичной структуре горячекатаной стали 12X18H10T (рисунок 1). Режим сварки, естественно, не оказал на нее влияние. Структура представлена полиэдрическими сдвойнико-ванными аустенитными зернами, характерные размеры которых не превышают 25 мкм.

Структура наплавленного металла также во всех режимах дендритная (рисунок 2). Вблизи границы сплавления дендриты ориентированы нормально к ней, а в глубине наплавленного металла расположены беспорядочно. Ориентированные дендриты могут достигать в длину 200 мкм (рисунок 2 в). Неупорядоченные дендриты имеют меньшую длину, но у них более развитая морфология границ. В целом структура наплавленного металла характерна для литого состояния стали 12X18H10T. Дефекты типов: раковины, несплошности, трещины, крупные поры и крупные неметаллические включения в наплавленном на всех трех режимах металле не обнаружены.

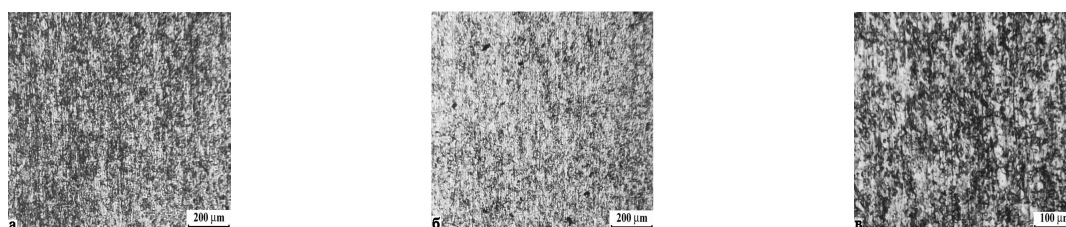


Рисунок 1 - Микроструктура основного металла; а) – режим 1, б) – режим 2, в) – режим 3

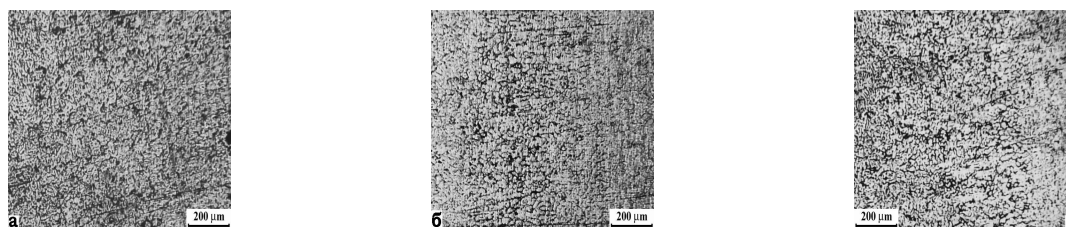


Рисунок 2 - Структура наплавленного металла; а) – режим 1, б) – режим 2, в) – режим 3

Если валики наложены симметрично с обеих сторон, то зона термического влияния у обеих поверхностей свариваемых листов одинакова. По мере углубления в свариваемый материал она расширяется и достигает максимума на оси.

Сварные соединения, выполненные по всем исследованным режимам, с точки зрения микро- и макроструктуры являются качественными. В них отсутствуют сварочные дефекты, наплавленный металл имеет сравнительно мелкодисперсную дендритную структуры, а зона термического влияния плавно без резких границ переходит к основному металлу. Наименьшая ширина зоны термического влияния зафиксирована в соединении, выполненном по режиму 3, а наибольшая – в соединении, выполненном по режиму 1. Последнее, по-видимому, обусловлено несимметричным расположением вали-

ков наплавленного металла.

#### Библиографический список

1 Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей.- М.: МАШГИЗ, 1958. – 340с.

2 Медовар Б.И. Электродуговая сварка аустенитных сталей. Под ред.: Аснис А.Е., Казимиров А.А., Патон Б.Е. (ответственный редактор).М, «Машиностроение», 1976.

3 Сапожков С.Б., Зернин Е.А., Ильященко Д.П. Покрытие для защиты поверхности от налипания брызг расплавленного металла при дуговой сварке плавлением. Патент на изобретение № 2297311 (РФ) Приоритет от 09.03.2006.

УДК 621.791.92:620.03

## СЕРТИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВАРКИ

**Кожубеков С.К.**

**Научный руководитель: Зернин Е.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, Кемеровская область, г. Юрга*

В работе рассмотрены российская и международная сертификации материалов для сварки.

Ключевые слова: сертификация, международная сертификация продукции.

Сертификация – процесс установления соответствия производственной деятельности, импортной и отечественной продукции требованиям по качеству и безопасности. Осуществляется третьей стороной – организацией, признанной независимой от потребителя и поставщика. Результаты производственной деятельности компании, которая заказала сертификат, являются пригодными к удовлетворению потребностей покупателя [1].

В России существует два вида сертификации: обязательная и добровольная.

Различают национальные, региональные и международные системы сертификации товаров. Самые распространенные: ГОСТ Р, ССПБ (Система сертификации в области пожарной безопасности), СТ-1 (сертификация происхождения товара), ISO, МЭК, ЕЭК и другие.

Международная сертификация продукции – процедура подтверждения соответствия, при которой независимая от потребителя и изготовителя организация удостоверяет в письменной форме соответствие продукции установленным международным требованиям.

Для компаний-экспортеров залогом успешного бизнеса является вы-

полнение всех требований законодательства тех стран, на рынки которых предполагается поставлять продукцию[1].

В соответствие с требованиями Европарламента и Совета ЕС обязательным условием реализации продукции на рынках стран Европейского Союза является ее безопасность и безвредность для людей, домашних животных, окружающей среды и собственности.

Для того чтобы официальные органы страны ЕС смогли убедиться в безопасности и безвредности допускаемого в страну продукта, им необходимо предъявить достоверные доказательства соответствия этого продукта действующим в ЕС стандартам.

Оценку соответствия продукции принятым в Евросоюзе стандартам выполняют нотифицированные в ЕС центры сертификации, расположенные во всех странах сообщества. Нотификация - это решение высшего структурного органа Евросоюза о наделении конкретной организации правом выполнять действия по тестированию и/или оценке соответствия продукции каждого производителя, поставляющего продукцию на рынки ЕС.

Предоставляемая производителем в нотифицированный орган доказательная документация должна быть основана на результатах испытаний. Испытания проводятся в специальных аккредитованных лабораториях, которые могут находиться как в стране производителя, так и в любой из стран ЕС.

Если сертифицируемый продукт соответствует требованиям стандартов, гармонизированных всеми странами ЕС, то производителю продукта выдается сертификат о проведении испытаний.

Данный сертификат входит в комплект доказательной документации, представляемой в нотифицированный центр. На основе заключения этого центра производитель готовит декларацию соответствия и получает право маркировки продукции специальным знаком (например, знаком «СЕ»). Эта маркировка – визуальное подтверждение соответствия. Декларация соответствия и знак являются своеобразным пропуском для реализации продукта на рынках всех стран Евросоюза.

Наличие у производителя знака СЕ не только позволяет активно продвигать продукцию на рынок, но также способствует завоеванию доверия покупателей и повышению конкурентоспособности продукции.

Часто международная сертификация СЕ противопоставляется российской системе обязательной сертификации. Отечественная модель построена на длительных испытаниях конкретных образцов продукции. Международная сертификация основана на всестороннем аудите и мониторинге производственных процессов предприятия. При международной сертификации СЕ рассматриваются схемы принятия решений на предприятии, производственные линии, разработка новой продукции, а также сервисное обслуживание. Успешно проведенная международная сертификация означает выполнение организацией-производителем всех требований Европейских Стандартов.

Международная сертификация продукции в общем виде предусматри-

вает выполнение ряда процедур, в том числе: определение производителем необходимости оценки соответствия продукции; выбор схемы сертификации (Модуля), определения испытательных лабораторий для проведения тестирования; подача производителем в центр сертификации заявки и доказательной документации (технического файла), подготовленной в соответствии с требованиями директив ЕС; рассмотрение и анализ центром сертификации полученной доказательной документации на соответствие требованиям директив ЕС; подготовка и принятие решений по заявке и доказательной документации; проведение испытаний представленных образцов, выдача сертификатов на проведенные испытания; анализ центром сертификации результатов испытаний и сравнение полученных результатов с представленными в доказательной документации. В случае необходимости - проведение дополнительных испытаний; подготовка производителем на основе принятого центром сертификации решения декларации соответствия продукции требованиям стандартов [2].

В качестве условия проведения оценки соответствия ЕС производителю необходимо иметь уполномоченного представителя - резидента одной из стран Евросоюза. Уполномоченным представителем может стать физическое или юридическое лицо, которое на основании письменной доверенности производителя выполняло бы все обязанности и формальности, предусмотренные регламентирующими документами ЕС.

#### Библиографический список

1. Электронный ресурс / Режим доступа: [www.pro-certificate.ru](http://www.pro-certificate.ru).
2. Электронный ресурс / Режим доступа: [www.ce-certificate.eu/general](http://www.ce-certificate.eu/general).

УДК 621.791.92:620.03

## ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА

**Свяжина Н.В.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, Кемеровская область, г. Юрга*

В работе рассмотрены сущность лазерной сварки, оборудование для лазерной сварки и применение лазерной сварки.

Ключевые слова: лазерная сварка, лазер, комбинированные методы сварки.

Лазер открывает возможность развития технологических процессов обработки материалов в ряде областей машино- и приборостроения. Одним из применений лазера в машиностроении является соединение элементов сваркой. Лазерная сварка, как и любая высокая технология, требует очень тонкого подхода. Необходимо констатировать, что очень важно максималь-

но точно подбирать параметры лазерной сварки для каждого исследуемого сплава, для каждой толщины. Даже разница в доли процента в химсоставе сплава будет существенно влиять на фазовые переходы в застывающем расплаве, и, соответственно – на микроструктуру, прочность и твердость шва. Но сегодня мы находимся в самом начале долгого пути, требующего огромного объема экспериментальной работы, систематизации полученных данных, а самое главное – внедрения новых технологий и режимов на производстве. Еще один пласт внедренческой работы – это стандартизация и сертификация оборудования в соответствии с международным и российским законодательством.[1]

Фазовые превращения, происходящие в расплавленном металле шва за какие-то миллисекунды, необходимо учитывать. В идеале эти фазовые превращения должны полностью завершиться, а металл шва - максимально близко по микроструктуре и химсоставу походить на исходный материал свариваемых деталей. Но мы видим, что фазовые превращения в материале шва остаются незавершенными, часть материала остается в «замороженном» состоянии. Поэтому требуется оптимизировать термический цикл для каждого режима сварки (для разных толщин, для разных сплавов). Если в авиационной доли лазерных технологий будет занимать все большие объемы, то и разработку новых авиационных сплавов, скорее всего, необходимо будет вести с учетом тех особенностей поведения легких сплавов, которые проявились при отработке первых режимов лазерной сварки «крылатых» металлов. Иногда и гора должна прийти к Магомету. На самом деле, все производственники хотят обратного – чтобы ученые пришли к ним и принесли некие чудесные суперпроизводительные технологии и оборудование на их основе для традиционных авиационных материалов 20 века (на основе алюминия, титана, лития и т.д.). Да, это хорошие материалы, обладающие целым комплексом необходимых для летательных аппаратов свойств и пока удовлетворяющие авиастроителей. Ясно, что лазерный шов может быть и будет (после доработки технологии) лучше традиционных соединений. Идеал для заказчика – это одинаковые свойства материала в зоне сварного шва и вне ее. Если бы ученые заявили о таком достижении, от заказчиков не было бы отбоя. На первой стадии интереса. Потому что требуются огромные объемы работ уже на производстве по доработке технологии, по изготовлению технологической оснастки, по отработке режимов для конкретных материалов и изделий. И осознание необходимости таких огромных усилий (и затрат) для внедрения новой технологии многих отпугивает. В России пока сварных самолетов нет. В Европе есть несколько экземпляров самолета А-320, элементы фюзеляжа которого (из американских сплавов) соединены сваркой. После успешного налета определенного времени европейцы пошли на увеличение доли сварки в технологии изготовления самолетов. Отечественные авиазаводы пока не приступили даже к начальным стадиям такого внедрения сварочных технологий у себя. Несомненно, в недрах оборонки такие работы идут.

Пока мы массово используем старые технологии на своих серийных машинах. Только осознание российскими авиастроителями необходимости борьбы в глобальной технологической конкуренции сдвинет ситуацию с мертвой точки. Конечно, не обойтись им и без мер государственного протекционизма и финансовой поддержки. В свое время академик М. А. Лаврентьев при создании Сибирского отделения основал несколько специальных конструкторских бюро, занимающихся внедрением результатов фундаментальных исследований в производство. Сегодня большинство из них продолжают работать в составе СО РАН, а многочисленные прикладные ведомственные НИИ исчезли во время реформ и приватизации [2].

Говорить о достоинствах лазерной сварки можно долго, но уже настала пора приступить к реальной внедренческой работе и привлекать внимание к проблеме правительства и руководства корпораций. Современное состояние проблемы показывает, что в настоящее время отработана технология лазерной сварки металлов малых и средних толщин до 5...10 мм. Однако широкое применение лазерной сварки в ряде случаев сдерживается соображениями экономического характера. Стоимость лазеров пока еще достаточно высока, что требует тщательного выбора области их применения. Экономически эффективное применение лазерного излучения определяется разумным выбором объекта сварки, где использование традиционных методов нецелесообразно. Лазерную сварку следует рекомендовать к применению, когда ставится задача получения прецизионной конструкции, форма и размеры которой практически не должны изменяться в результате сварки. При этом достигается значительное упрощение технологии изготовления сварных конструкций за счет выполнения лазерной сварки в качестве заключительной операции без последующей правки или механической обработки для достижения требуемой точности. Отличительной особенностью лазерной сварки является возможность соединения трудносвариваемых материалов, в том числе разнородных. Перспективным представляется развитие комбинированных методов сварки, сочетающих энергию лазерного излучения с дугой, с плазмой и другими традиционными источниками энергии [3].

#### Библиографический список

1. Брюннер В., Юнге К. Справочник по лазерной технике. / Под ред. А.П.
2. Лазеры в авиации (под ред. Сидорина В.М.) Воениздат 1982г.
3. Дьюри У. Лазерная технология и анализ материалов. М.: Мир, 1986.

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ**

**Сименцов И.Е.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского  
политехнического университета, Кемеровская обл., г. Юрга*

Целью данной работы является разработка бифункциональных покрытий, которые не только будут защищать поверхности свариваемых деталей от брызг расплавленного металла, но и оказывать влияние на изменение структуры, т. е. способствовать получению равнопрочного соединения. В работе было найдено комплексное решение двух выше перечисленных проблем, путем разработки совершенно нового продукта – бифункционального покрытия, которое: защищает поверхности свариваемых деталей от брызг расплавленного металла; стабилизирует процесс сварки; положительно влияет на структуру сварного соединения.

Ключевые слова: сварка плавящимся электродом в активных защитных газах, бифункциональные покрытия, разбрызгивание электродного металла.

Одним из основных способом получения неразъемных соединений конструкционных сталей является сварка плавящимся электродом в активных защитных газах. К недостаткам, которые снижают эффективность данного способа в первую очередь, относятся: повышенное разбрызгивание электродного металла в процессе сварки и неравнопрочность сварного соединения.

Поэтому целью данной работы является разработка бифункциональных покрытий, которые не только будут защищать поверхности свариваемых деталей от брызг расплавленного металла, но и оказывать влияние на изменение структуры, т. е. способствовать получению равнопрочного соединения.

Работы по снижению разбрызгивания ведутся как в России, так и за рубежом. Разбрызгивание сопровождается выбрасыванием из зоны дуги большого количества брызг (капель) жидкого металла различного размера, что приводит к набрызгиванию [1].

В общем случае способы защиты свариваемых изделий от брызг расплавленного металла заключается в том, что поверхность металла, подлежащего сварке, покрывают защитным слоем в виде экрана или раствора веществ, высыхающего перед сваркой и препятствующего прилипанию брызг к основному металлу.

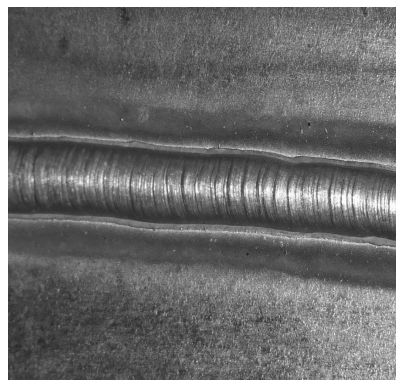
Неравнопрочность сварного соединения – это изменение прочностных характеристик по сечению сварного соединения. Это явление обусловлено различием структуры и механических свойств основного металла, сварного

шва и зоны термического влияния. В результате снижается работоспособность и эксплуатационные характеристики сварных металлоконструкций [2].

Внешний вид сварного соединения представлен на рисунке 1.



а)



б)

- а) механизированная сварка в среде углекислого газа;
- б) механизированная сварка в среде углекислого газа с применением защитных и функциональных покрытий

Рисунок 1 - Внешний вид сварного соединения

Структура сварного шва сварки в среде углекислого газа без применения модификаторов показана на рисунке 2.

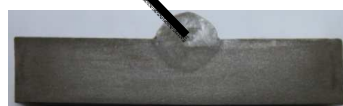
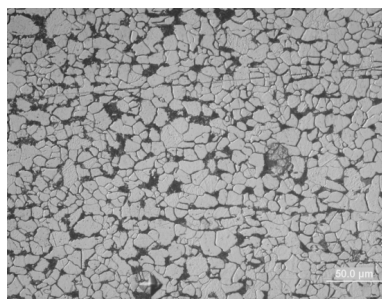


Рисунок 2 - Структура сварного шва сварки в среде углекислого газа без применения модификаторов

Эта проблема находит свое решение в мировой практике за счет введения в сварочную ванну так называемых элементов-модификаторов.

Структура сварного шва сварки в среде углекислого газа без применения модификаторов представлена на рисунке 3.



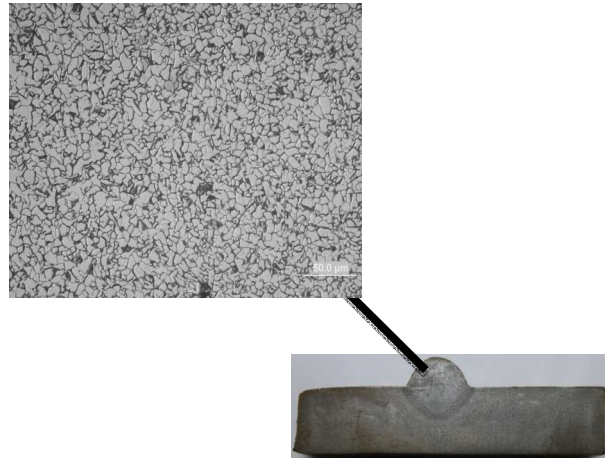


Рисунок 3 - Структура сварного шва сварки в среде углекислого газа с применением модификаторов

Модификаторы – это такие специально вводимые элементы для получения специальных свойств материала [3]. При сварке элементы-модификаторы вводятся в расплав сварочной ванны через сварочные материалы: электродную проволоку; покрытия электродов; сварочные флюсы.

В данной работе модификаторы в сварочную ванну вводились через покрытие. В качестве модификатора использовалось соединение кальция ( $\text{Ca CO}_3$ ). В качестве образцов использовались пластины из стали обыкновенного качества, сварочная проволока Св-08ГСМТ-О диаметром 1,2 мм. Образцы покрывали бифункциональным покрытием, после высыхания накладывали сварные швы. Сварка проводилась на следующих режимах:  $I=250 - 260 \text{ A}$ ,  $U=23\text{В}$ .

Из выше сказанного можно сделать вывод, что в данной работе коллективом авторов было найдено комплексное решение двух выше перечисленных проблем, путем разработки совершенно нового продукта – бифункционального покрытия, которое: 1) защищает поверхности свариваемых деталей от брызг расплавленного металла; 2) стабилизирует процесс сварки; 3) положительно влияет на структуру сварного соединения.

#### Библиографический список

1.Федько В.Т., Технология, теоретические основы и средства снижения трудоемкости при сварке в углекислом газе: Учебник. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004.- 398 с.

2. Сварные конструкции. Механика разрушения и критерии работоспособности / под ред. Б. Е. Патона - М.: Машиностроение, 1996.- 576 с.

3. Рябчиков И.В., Панов А.Г., Корниенко А.Э. О качественных характеристиках модификаторов // М: Сталь, № 6, 2007.- С. 18 – 23.

## ТЕХНОЛОГИЯ, ОСНАСТКА И УЧАСТОК СБОРКИ СВАРКИ ГАЗОХОДА СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ДСП100

**Шадыев С.Т.**

**Научный руководитель: Зернин Е.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского  
политехнического университета, Кемеровская область, г. Юрга*

В работе рассмотрены технология, оснастка и участок сборки сварки газохода сталеплавильной печи ДСП100

Ключевые слова: технология, оснастка, участок сборки сварки газохода сталеплавильной печи ДСП100.

Сварные конструкции представляют собой прогрессивные изделия в промышленности и в строительстве. В связи с чем сварочное производство непрерывно развивается, охватывая практически все отрасли народного хозяйства.

Целью данной работы являлось проведение технико-экономического и общего анализа процессов изготовления сварных изделий, применяемых в энергетической отрасли.

*Описание сварной конструкции.*

Газоход является частью системы газоочистки печи ДСП-100Н. Газоход содержит в себе четыре секционных участка, в которых установлено три пояса водовоздушных форсунок специальной конструкции, выполняющих различные функции технологической обработки отходящих от ДСП газов.

Детали и сборочные единицы соединяются между собой механизированной сваркой в защитном газе  $CO_2$  проволокой Св-08Г2С d=1,6 мм. и ручной дуговой сваркой электродами УОНИ 13/45 d=3 мм.

В качестве сварочного оборудования на участке используются выпрямитель ВДМ-1000 и сварочный полуавтомат Lorch С 4503.

Главная характеристика любого сварного изделия – это его технологичность. Технологичность изделия характеризует его соответствие требованиям прогрессивной экономичной технологии изготовления в условиях серийности заданной программы выпуска данного изделия при наименьших затратах материалов, труда, различных видов энергии и средств с возможным обеспечением заданных эксплуатационных свойств высокого качества, практически удобного выполнения операций производственного цикла, соблюдения требований гигиены и безопасности труда [1].

В рассматриваемой сборочной единице для трубчатых деталей использовали термическую резку, этот метод является наиболее дешевым и в данном случае более целесообразным. Использование последующей

механической обработки позволяют обеспечивать достаточно высокое качество свариваемых кромок [2].

Использование стандартных листов и труб, рациональное расположение деталей обеспечивает достаточно высокий коэффициент использования металла (КИМ).

Сборка газохода производится с применением стяжных колец, что позволяет выдерживать необходимые размеры на установку деталей при прихвате. Последующая сварка производится на стенде. Это все, в целом, позволяет снизить до минимума трудоемкость и длительность производственного цикла [3].

*Заключение:*

В дальнейших работах необходимо будет модернизировать существующую технологию, спроектировать оснастку и участок сборки-сварки газохода сталеплавильной печи ДСП100, изготавливаемой в г. Новосибирске, предприятие ОАО «Сибэлектротерм». Совершенствование базовой технологии изготовления необходимо для получения как социального, так и технико-экономического эффектов.

#### Библиографический список

1. Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.sibelectrotherm.ru/about/>.
2. Электронный ресурс/ Режим доступа:<http://www.sibelectrotherm.ru/product/>.
3. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов/ А.И. Красовский.- М.:Машиностроение, 1980. – 319 с.

УДК 621.768.011

### **ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОКАТКИ НА СТРУКТУРУ И УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ Ст3пс**

**Прудников В.А., Богонос Е.В.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Прудников А.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: a.prudnikov@mail.ru*

Приведены результаты влияния предварительной термоциклической деформации на структуру и удельное электрическое сопротивление листовой низкоуглеродистой стали Ст3пс. Показана возможность снижения удельного электрического сопротивления более чем на 3 % за счет использования рациональных режимов предварительной термоциклической прокатки. Установлено, что использование в дальнейшем для стали, подвергнутой ДТЦО, термоциклической прокатки (5 циклов) с высокой степенью деформации от

20 до 50 % в цикле для листа толщиной до 1 мм повышает удельное электрическое сопротивление пропорционально количеству циклов и степени обжата.

Ключевые слова: сталь, структура, деформация, удельное электрическое сопротивление, термоциклическая обработка, прокатка.

Термоциклическая обработка и обработка, совмещенная с использованием различного вида пластической деформации при низких или высоких температурах (ДТЦО), является эффективным инструментом формирования необходимой структуры материалов в твердом состоянии [1-3]. Воздействию режимов ДТЦО на механические характеристики черных и цветных металлов и сплавов посвящено довольно значительное количество исследований, освещенных в отечественной и зарубежной литературе [4-6]. Однако число работ, устанавливающих связь разрабатываемых режимов ДТЦО сталей, чугунов и других сплавов со структурой и физическими характеристиками материалов недостаточно. Причем, многие физические свойства являются зависимыми от структуры материала, например коэрцитивная сила, электропроводность, удельное электрическое сопротивление и другие, и недооценивать этого влияния на их свойства ни в коей мере нельзя. Поэтому целью работы являлось исследование воздействия термоциклической прокатки на структуру и удельное сопротивление горячекатаной стали СтЗпс.

В качестве материала исследования была выбрана низкоуглеродистая сталь обыкновенного качества марки СтЗпс, которая была выплавлена в ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат». Химический состав стали определяли с помощью эмиссионного спектрометра ARL 4460. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав обрабатываемой стали СтЗпс

Марка стали	Содержание элементов, % (вес.)							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Cu	Ni
СтЗпс	0,19	0,54	0,07	0,013	0,028	0,3	0,07	0,03

Лист прокатывали из сляба размером 165×500×1800 мм в листопрокатном цехе ОАО «НКМК». Термоциклическую прокатку заготовок проводили в течение 5 циклов. Один цикл термоциклической прокатки включал нагрев заготовки до 1300°C, выдержка 2-2,5 ч, обжатие со степенью 10-15 % и охлаждение до температуры ниже  $A_{r1}$  на воздухе. В первом и третьем циклах охлаждение проводили до 500-550°C, а в остальных циклах – до 50-100°C. Толщина заготовки уменьшалась от 165 до 90 мм в последнем цикле. Затем до толщины листа 5 мм заготовку катали по промышленному режиму, используемому на листостане предприятия. Из листа были вырезаны образцы размером 20×100 мм и прокатаны от толщины 5 мм до 4, 3, 2 и 1 мм за 1-5 циклов обработки. Перед деформацией образцы выдерживали в течение 30 минут при 850°C и, охлаждали до температуры прокатки 750°C. Степень обжата в каждом из циклов для разных толщин находилась в интервале 20-50 %.

Для исследования микроструктуры стали использовали оптический микроскоп ЛабоМет-И1. Электрическое сопротивление образцов, имевших размеры  $1 \div 5 \times 100$  мм, измеряли на установке NORMA M88 (двойной мост Томсона).

Исследование микроструктуры горячекатаного листа толщиной 5 мм из стали СтЗпс, прокатанной по промышленной режиму и с использованием ДТЦО, показало, что она состоит из зерен феррита, между которыми равномерно распределены перлитные колонии. Следует отметить, что предварительная термоциклическая прокатка снижает средний размер ферритного зерна от 8 до 6 мкм по сравнению со структурой стали, прокатанной по промышленному режиму. Кроме того, предварительная термоциклическая деформация уменьшает средний размер перлитных колоний и их объемную долю. Первый фактор, связанный со степенью деформации материала при прокатке, будет стремиться повысить удельное электрическое сопротивление за счет увеличения протяженности границ зерен. В то время как уменьшение объемной доли и размеров перлитных колоний, напротив, будет способствовать его снижению в результате уменьшения цементитной фазы в перлитных включениях. Определение удельного электрического сопротивления листовой стали показало, что после предварительной ДТЦО (прокатка) его величина составляет  $16,78 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, что на 3-5 % ниже, чем у листовой стали промышленного производства.

В таблице 2 приведены результаты воздействия количества циклов деформации и степени обжатия в цикле при дальнейшей термоциклической прокатке листа из горячекатаной стали, подвергнутой ДТЦО. Установлено, что увеличение количества циклов прокатки повышает удельное электрическое сопротивление стали что, по-видимому, связано с увеличением протяженности границ зерен в структуре деформированного металла и неполном снятии наклепа в тонких листах. Так, определение средних размеров зерен феррита и перлитных колоний показало их снижение после 4-го цикла деформации до величины 2-3 мкм. Причем, увеличение степени обжатия в цикле приводит к более интенсивному росту удельного электрического сопротивления прокатанных образцов

Таблица 2 – Влияние количества циклов деформации и степени обжатия в цикле на удельное электрическое сопротивление горячекатаной стали СтЗпс, изготовленной с применением ДТЦО.

Количество циклов	Степень обжатия, %	Толщина листа, мм	$\rho \cdot 10^8$ , Ом·м
-	-	5	16,78
1	20	4	16,80
2	25	3	16,83
3	30	2	16,99
4	50	1	17,33

Примечание:  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление

Таким образом, предварительная термоциклическая прокатка снижает удельное электрическое сопротивление листовой стали СтЗпс в среднем на 3÷5 % по сравнению с промышленным режимом. Использование в циклах режима ДТЦО горячекатаной стали СтЗпс высокой степени обжатия (20-50 %) для получения тонкого листа (толщина 1-5 мм) ведет к увеличению удельного электрического сопротивления пропорционально количеству циклов и степени обжатия.

#### Библиографический список

1. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин/ В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.– 255 с.
2. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклическойковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С.14 - 20.
3. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // Технология металлов.– 2014.– № 2.– С. 8 - 11.
4. Okajama J. A thermal cycling and super plastic of steel // J. Iron and Steel. Jap. 1982. Vol. 68. N. 12. P. 1248.
5. Leymonic C. A thermal processing of Mn-Mo-V Steel for vessel of pressure // Bull. Cercle stud metaux. 1981. Vol. 14. N 15. P. 2-12.
6. Афанасьев В.К. Влияние термоциклической деформации и отжига на структуру и удельное сопротивление стали марки СтЗпс / В.К. Афанасьев, А.Н. Прудников, М.В. Попова, В.А. Прудников// Актуальные проблемы в машиностроении: Сб. материалов 1 Международной научно-практич. конф.– Новосибирск: изд-во НГТУ, 2014.– С. 431-434.

УДК 621.9

### **ИНДУКТОР ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТОВ**

**Гребеньков Р.В., Шрайнер Т.А., Иконников А.М.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Иконников А.М.**

*Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: sigaset@yandex.ru*

Авторы дают обобщенную характеристику способа магнитно-абразивной обработки поверхностей деталей машин и инструментов. Представлена номенклатура изделий, для которых необходима отделочная обработка поверхностей. Разрабатываемое устройство для магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей деталей позволит расширить

область применения данного способа финишной обработки.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, качество обработанной поверхности, отделочная обработка, устройство для магнитно-абразивной обработки, упрочнение поверхности, магнитный индуктор.

Эксплуатационные свойства поверхности в значительной мере определяются состоянием поверхностного слоя. Для поверхностей, к которым предъявляются требования долговечности и надежности, важны такие характеристики поверхности как коэффициент трения, длительность приработки, износостойкость, коррозионная стойкость.

Эффективным способом повышения качества деталей машин является обработка абразивом на гибкой связке. К этой группе методов относятся такие технологии обработки как обработка свободным абразивом уплотненным инерционными силами, струйно-ударная обработка, виброабразивная обработка. При доступности и распространенности данных методов они обладают невысокой производительностью, сложностью установок для реализации, необходимостью изолировать поверхности, не требующие обработки.

Наиболее производительным способом обработки абразивом на гибкой связке является магнитно-абразивная обработка. Сущность магнитно-абразивной обработки заключается в воздействии на обрабатываемую деталь порошковой ферромагнитной массы, уплотненной магнитной индукцией. Это метод обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей деталей и существенное повышение их сопротивляемости износу, коррозии и механическим нагрузкам, обладает высокой производительностью и успешно заменяет процессы химической и электрохимической обработки.

К номенклатуре изделий, для которых необходима отделочная обработка поверхностей, относятся:

1) Детали с поверхностями относительно простой формы: станины металлорежущих станков (направляющие), метало и деревообрабатывающие инструменты, разнообразные детали машин и т.п.

2) Детали с поверхностями достаточно сложной формы: матрицы и пуансоны формообразующих штампов, лопатки турбин, лопасти, фасонные резцы (задняя поверхность) и др.

Известные в настоящее время устройства для магнитно-абразивной обработки имеют ряд недостатков:

- их использование отличается трудоемкостью и повышенным расходом электроэнергии;

- неравномерность полученных свойств упрочняемых изделий, особенно удлиненной и фасонной формы;

- необходимость использования специального и дорогостоящего оборудования – магнитного индуктора.

Использование такого оборудования экономически целесообразно

только в условиях крупносерийного и массового производств, рискованно при серийном производстве и совершенно не пригодно при единичном. Изготовление продукции в современных условиях относится преимущественно к серийному типу производства и поэтому разработка новых и совершенствование известных технологий и устройств для отделочной обработки поверхностей инструментов и деталей машин является актуальной задачей.

Основной задачей является разработка принципиально новой технологии обработки поверхностей деталей машин и инструментов, а также разработка устройств для реализации разрабатываемой технологии.

В настоящее время авторами сформулирована концепция новой конструкции устройства для магнитно-абразивной обработки деталей машин и инструментов, представленного на рисунке 1.

Устройство для магнитно-абразивной обработки содержит магнитный индуктор, выполненный из корпуса 1 и блока периферийно установленных постоянных магнитов 2, и хвостовик 3. Корпус магнитного индуктора выполнен в виде диска со стержнем в центре. Хвостовик жестко соединён с корпусом магнитного индуктора с помощью крепёжных элементов, например, винтов 4, расположенных по окружности диска корпуса магнитного индуктора. На стержне в нижней его части выполнена левая резьба, а в верхней части – правая, посредством которой стержень закрепляется в хвостовике, при этом на них в свою очередь крепятся гайки с левой 5 и правой 6 резьбой соответственно с конусно расположенными пазами для радиального перемещения постоянных магнитов с выполненными ответно на внутренних сторонах направляющими. Наружная сторона постоянных магнитов является рабочей, а магнитный индуктор в продольном сечении имеет U – образную форму.

Устройство для магнитно-абразивной обработки работает следующим образом. В шпинделе вертикально-фрезерного станка с числовым программным управлением (ЧПУ) устанавливается хвостовик устройства для магнитно-абразивной обработки и закрепляется с помощью шомпола (на рисунке не показан). Перед началом работы посредством двух гаек устанавливается необходимый рабочий диаметр магнитного индуктора, далее вручную равномерно наносится магнитно-абразивный порошок на рабочую поверхность постоянных магнитов. При включении станка вращение шпинделя с необходимой частотой  $n$  сообщается магнитному индуктору. Обрабатываемая деталь получает движение подачи от привода станка по управляющей программе с требуемым рабочим зазором  $\delta$ . Величины частоты вращения  $n$  и рабочего зазора  $\delta$  задаются, исходя из требуемого качества обрабатываемой детали и ее конфигурации. Съём отработанного магнитно-абразивного порошка с рабочей поверхности устройства осуществляется с помощью скребков, изготовленных из немагнитного материала.



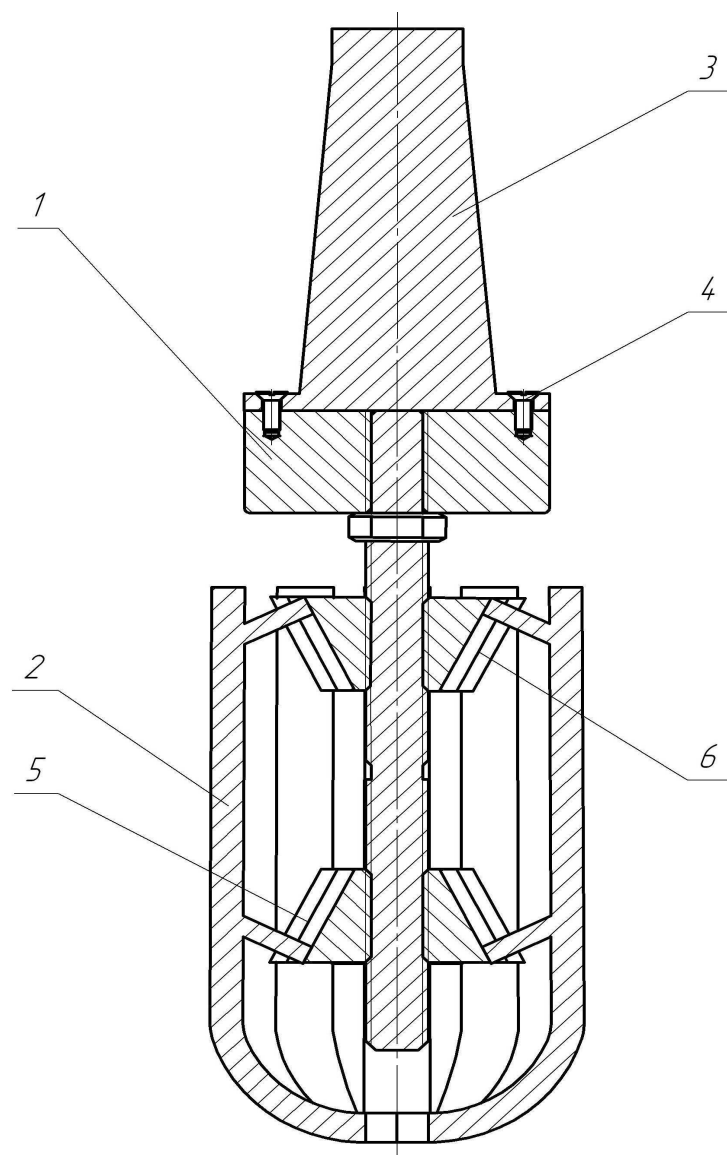


Рисунок 1 – Устройство для магнитно-абразивной обработки

Таким образом, разрабатываемое устройство для магнитно-абразивной обработки позволит расширить область использования способа отделочной обработки деталей машин и инструментов.

#### Библиографический список

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 176 с.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн. Наука и техника, 1981. – 328 с.
3. Хомич, Н. С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н. С. Хомич. - Минск: БНТУ, 2006. - 217 с.: ил.

## ВЛИЯНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ СПЛАВОВ TiNi(Mo, V)

Марченко Е.С., Байгонакова Г.А., Гюнтер В.Э., Клопотов А.А.  
Научный руководитель: канд.ф.-м. наук Марченко Е.С.

*НИИ Медицинских материалов и имплантатов  
с памятью формы СФТИ ТГУ, г. Томск, e-mail: gat27@mail.ru*

Представлены результаты исследования влияния изотермического отжига при температуре 450 °С в течение 1 часа на характеристики эффекта памяти формы в сплавах  $Ti_{50}Ni_{49,7-x}Mo_{0,3}V_x$ , ( $x=1, 2$  ат. % V). Построены температурные зависимости накопления и возврата деформации при многократном эффекте памяти формы для сплавов без термообработки и отожженных при 450 °С, и определены параметры эффекта памяти формы.

Ключевые слова: сплавы на основе никелида титана, эффект памяти формы, мартенситные превращения, легирование, отжиг.

В настоящее время сплавы на основе TiNi являются перспективными материалами для исследования из-за их уникальных эффектов памяти формы (ЭПФ), сверхэластичности и высоких физико-механических свойств, что обеспечивает возможность применения этих сплавов в различных областях науки, техники и медицины [1]. Известно, что легирование ванадием различных металлических сплавов приводит к положительному изменению их физико-механических свойств, а термообработка является эффективным методом воздействия на характеристики мартенситных превращений (МП). Поэтому целью данной работы является исследование влияния изотермических отжигов при 450 °С на характеристики многократного ЭПФ в сплавах с 1 и 2 ат. % V.

В индукционной печи путем переплава губчатого Ti и Ni марки Н1 с добавлением легирующих элементов Mo и V были получены сплавы  $Ti_{50}Ni_{48,7}Mo_{0,3}V_1$  и  $Ti_{50}Ni_{47,7}Mo_{0,3}V_2$ . Из полученных слитков электроэрозионным методом были вырезаны образцы, которые подвергались изотермическим отжигам в электровакуумной печи при температуре 450 °С в течение 1 часа.

ЭПФ исследовали в условиях макродеформации под постоянной внешней нагрузкой 2 кг. Микроструктуру сплавов исследовали на металлографическом микроскопе Carlzeiss Axiovert 40 mat. На РЭМ PHILIPS SEM 515 проведен элементный микроанализ.

*Результаты и обсуждение.*

Отжиг сплавов TiNi(Mo, V) при температуре 450 °С приводит к изменению структурно-фазовых состояний и зависит от концентрации легирующего элемента.

В сплавах на основе никелида титана, легированных 1 ат. % V, термообработка приводит к снижению величины параметра элементарной ячейки твердого раствора и атомного объема B2 фазы. Это обусловлено распадом

твердого раствора  $\text{TiNi}(\text{Mo},\text{V})$  с понижением концентрации легирующего элемента  $\text{V}$  в матрице, которое сопровождается выделением вторичных фаз типа  $\text{Ti}_2\text{Ni}(\text{V})$  [2], о чем свидетельствует микроструктура сплавов после отжига (рисунок 1).

Такое изменение структуры исходной  $\text{B2}$ -фазы оказывает значительное влияние на параметры эффектов памяти формы сплавов  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{48,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_1$ .

Температурные зависимости накопления и возврата деформации под постоянной нагрузкой при многократном ЭПФ для сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{48,7}\text{Mo}_{0,31}\text{V}_1$  без термообработки и после отжига при  $450\text{ }^\circ\text{C}$  представлены на рис. 2. Видно, что образцы, подвергнутые отжигу, проявляют многократный ЭПФ в области более низких температур за счет снижения характеристических температур МП  $M_S$ ,  $M_f$ ,  $A_S$ . Из микроструктурных исследований установлено, что в результате отжига матрица сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{48,7}\text{Mo}_{0,31}\text{V}_1$  обогащается частицами вторичной фазы  $\text{Ti}_2\text{Ni}(\text{V})$ , которые, возможно, оказывают тормозящее влияние на движение межфазной границы, смещая МП в область низких температур. Это приводит к уширению интервала прямого МП ( $M_S$ - $M_f$ ) на  $45\text{ K}$  и обратного МП ( $A_f$ - $A_S$ ) на  $15\text{ K}$  и к росту ширины петли температурного гистерезиса  $\Delta H$  в процессе МП  $\text{B2} \rightarrow \text{R} \rightarrow \text{B19}'$ .

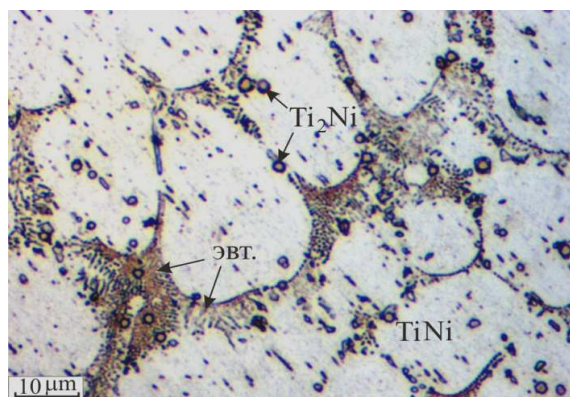
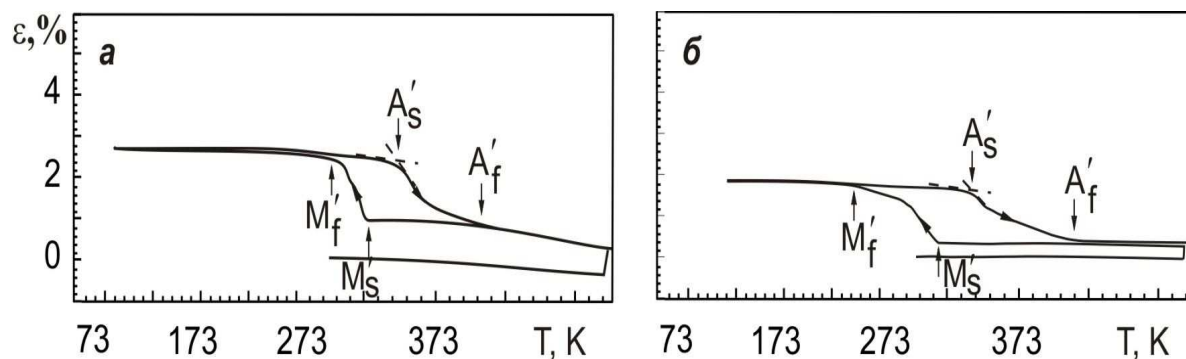


Рисунок 1 - Микроструктура сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{48,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_1$  после отжига при  $450\text{ }^\circ\text{C}$  в течение 1 часа



*a* – без термообработки ; *б* – отожженный при  $450\text{ }^\circ\text{C}$

Рисунок 2 - Температурные зависимости накопления и возврата деформации при МЭПФ сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{48,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_1$

Установлено, что при отжиге 450 °С величина общей накопленной деформации  $\epsilon_{\text{обр}}$  снижается до порядка 1,5 % и появляется незначительная остаточная деформация  $\epsilon_{\text{ост}}$  (0,1 %), которая связана с появлением в процессе деформирования пластической составляющей деформации. Низкий уровень общей накопленной деформации можно объяснить ростом объемной доли частиц  $\text{Ti}_2\text{Ni}(\text{V})$  в матрице, возникших в процессе отжига, которые препятствуют нарастанию деформации в процессе МП  $\text{B2} \rightarrow \text{R} \rightarrow \text{B19}'$ .

Отжиг при 450 °С оказывает обратное влияние на сплавы с большим содержанием легирующего компонента. У отожженного сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{47,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_2$  обнаружено увеличение параметра элементарной ячейки и атомного объема в B2-фазе по сравнению с исходным сплавом. Такое изменение параметра решетки при отжиге указывает на увеличение концентрации легирующего элемента V в твердом растворе  $\text{TiNiMo}$ , что вызвано растворением в матричной фазе  $\text{TiNiMo}$  частиц вторичных фаз. Это хорошо согласуется с микроструктурой отожженного сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{47,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_2$  и проявляется в изменении параметров ЭПФ (рисунки 3, 4).

Анализ зависимостей многократного эффекта памяти формы в сплавах  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{47,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_2$  показывает, что эффект памяти формы в отожженном при 450 °С сплаве проявляется в более узком температурном интервале ( $M_S - M_f$ ) и ширина петли температурного гистерезиса  $\Delta H$  снижается на 25 К. Такое уменьшение ширины петли гистерезиса  $\Delta H$ , возможно, обусловлено сокращением числа частиц вторичных фаз ( $\text{Ti}_2\text{Ni}(\text{V})$ ,  $\text{Ti}_4\text{Ni}_2\text{O}(\text{V})$ ,  $\text{TiNiV}$ ), на которых и происходит диссипация энергии при движении мартенситных границ в процессе МП  $\text{B2} \rightarrow \text{R} \rightarrow \text{B19}'$ .

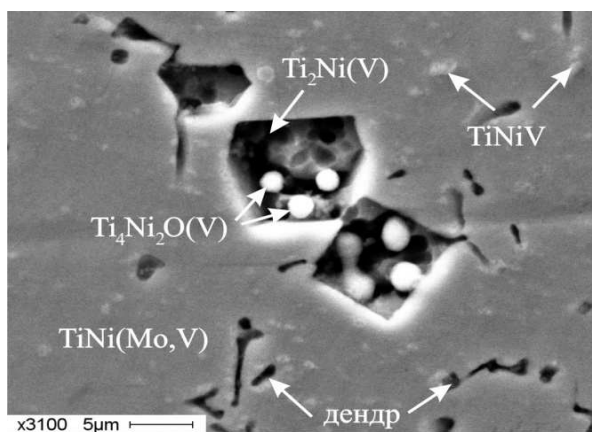
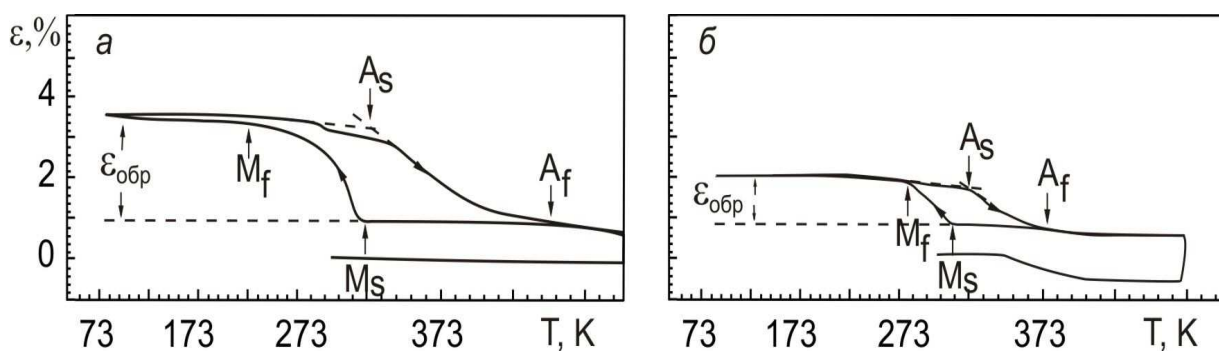


Рисунок 3 - Микроструктура сплава  $\text{Ti}_{50}\text{Ni}_{47,7}\text{Mo}_{0,3}\text{V}_2$  после отжига при 450 °С в течение 1 часа



*а* – без термообработки; *б* – отожженный при 450 °С

Рисунок 4 - Температурные зависимости накопления и возврата деформации при МЭПФ сплава  $Ti_{50}Ni_{47.7}Mo_{0.3}V_2$

В исходном и отожженном сплавах  $Ti_{50}Ni_{47.7}Mo_{0.3}V_2$  МП завершается полным восстановлением формы, но в сплавах, подвергнутых отжигу, величина общей накопленной деформации  $\epsilon_{обр}$  уменьшается в 2 раза. Подавление ЭПФ обусловлено затруднением реализации МП  $B2 \rightarrow R \rightarrow B19'$  в структурно-неоднородном материале.

*Выводы:*

В сплавах  $TiNi(Mo,V)$  с 1 и 2 ат. % V изотермический отжиг при 450 °С приводит к изменению структурно-фазовых состояний материала, которое оказывает разное влияние на изменение характеристик эффектов памяти формы в зависимости от концентрации легирующего элемента.

Из серии сплавов  $TiNi(Mo)$ , легированных 1 и 2 ат. % V, наибольший интерес вызывает сплав с 1 ат. % V, подверженный термообработке при 450 °С в течение 1 часа. Поскольку реализуется восстановление формы в более широком температурном интервале и сопровождается увеличением ширины температурного гистерезиса на ~ 20 К за счет сформировавшихся в процессе отжига избыточных вторичных фаз ( $Ti_2Ni$ , эвтектики).

Библиографический список

1. Гюнтер В.Э., Ходоренко В.Н. и др. Медицинские материалы с памятью формы. – Томск: НПП МИЦ., Т.1., 2011. — 533 с.
2. Марченко Е.С. Влияние термической обработки на структурно-фазовые состояния сплавов  $Ti(Ni,Me)$  ( $Me=Cu, Co, V$ ). Имплантаты с памятью формы/ Е.С Марченко, Г.А. Байгонакова, А.Н. Матюнин, А.А. Клопотов // Под ред. проф. В.Э. Гюнтера. Томск: Изд-во ООО «НПП» МИЦ», № 1-2. 2013.- С. 42–57.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ КАК СЫРЬЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Пономарёв Н.С.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Полях О.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Рассмотрены перспективы использования техногенных отходов производства кокса, кремния и высококремнистых ферросплавов. Выполнена оценка возможности применения микрокремнезема и коксовой пыли в электротермических процессах. Показано, что при использовании в качестве сырьевых материалов высокодисперсных отходов коксохимического и ферросплавного (кремниевого) производств возможно получение микропорошка карбида кремния.

Ключевые слова: микрокремнезем, коксовая пыль, техногенные отходы, производство карбида кремния, микропорошок.

Сложившаяся в последние годы экологическая и экономическая ситуация предопределяет повышенный интерес к внедрению малоотходных и безотходных технологий, комплексной переработке сырья, использованию ресурсов техногенного происхождения. Целью настоящей работы является анализ современного состояния и оценка перспектив использования пылевых отходов производства кокса, кремния и высококремнистых ферросплавов с акцентированием внимания на применении их в качестве сырья в восстановительных процессах. В качестве одного из возможных вариантов таких процессов предлагается электротермическое производство карбида кремния – материала, обладающего высокими физико-химическими характеристиками, который может быть применен во многих направлениях, например, в металлургии и технологии огнеупоров.

Большие ресурсы пылевых отходов производства кремния и высококремнистых ферросплавов, содержащих значительное количество диоксида кремния, предопределяет актуальность проблемы рационального их использования, однако в настоящее время на большинстве предприятий происходит дальнейшее накопление кремнеземсодержащей пыли. Это приводит к экономическим потерям, связанным, с одной стороны, с неиспользованием промышленно-ценных отходов, с другой, - с затратами на их складирование. Кроме того, пылевые отходы в результате беспорядочного сбора и накопления нередко теряют свою ценность как сырье для возможной переработки, а существующие в настоящее время способы хранения кремнеземсодержащей пыли не являются экологически чистыми. Поэтому утилизацию и использование пылевых выбросов следует рассматривать как важное направление

экономии материальных ресурсов, а также повышения эффективности охраны окружающей среды при производстве кремния и кремнистых ферросплавов.

Коксовая пыль на коксохимических предприятиях получается в процессе любых технологических операций связанных с коксом (рассортировки валового кокса, сухого тушения кокса, перегрузках кокса и т.д.). Применения практически не находит из-за сложности с разгрузкой и транспортировкой и обычно 1) возвращается в шихту коксования (в количестве 1% к массе шихты); 2) перерабатывается путем применения разных методов уплотнения и фасовки; 3) запаковывается в тару (мешки). Вследствие тонкодисперсного состояния и высокой зольности коксовая пыль мало пригодна к прямому использованию в коксохимическом производстве, но объемы её образования достаточно велики и могут достигать порядка 20000 тыс. т. (на одном коксохимическом предприятии).

Использование в качестве сырья высокодисперсных материалов техногенного происхождения, не представляющих ценности и имеющих большие объемы накоплений, является относительно новым, перспективным и отвечающим требованиям ресурсосбережения направлением в технологии карбида кремния.

Согласно существующим термодинамическим представлениям, процесс карботермического восстановления кремнезёма протекает с активным участием газообразных оксидов кремния. Размерный эффект, возникающий в однокомпонентной системе "газ - дисперсная кристаллическая фаза", заключается в изменении давления насыщенного пара над поверхностью кристаллических частиц в зависимости от степени дисперсности твердой фазы. Предполагается возможность повышения скорости взаимодействия за счет увеличения поверхности испарения  $\text{SiO}_2$  и применения углеродистого восстановителя с высокой адсорбционной способностью и развитой поверхностью [1]. В качестве такого восстановителя и может быть предложена коксовая пыль.

Для реализации электротермического процесса на основе микрокремнезёма и коксовой пыли разработана технология печного синтеза высокодисперсного карбида кремния, позволяющая получать продукт с удельной поверхностью 3000–4000 м<sup>2</sup>/кг и содержанием карбида 90–92 % масс. [2].

Карбид кремния с такими характеристиками может быть использован в следующих направлениях [3]:

1) в металлургии для раскисления-науглероживания стали, в качестве топлива в кислородных конверторах и т.п. Это обусловлено рядом ценных свойств карбида кремния: отсутствием склонности к поглощению влаги, устойчивостью в окислительной атмосфере при температуре жидкой стали, длительным сохранением высокого раскислительного потенциала, низким содержанием вредных примесей (P, S, N, H);

2) в производстве огнеупоров. Карбидкремниевые изделия

(содержание SiC более 70 %) применяют в рекуператорах, муфелях для косвенного высокотемпературного нагрева, в топках судовых паровых котлов, для футеровки нижней части шахты доменных печей и в других тепловых агрегатах. В данном случае важны такие характеристики карбида кремния, как высокие теплопроводность и термостойкость.

#### Библиографический список

1. Якушевич Н.Ф., Галевский Г.В. Взаимодействие углерода с оксидами кальция, кремния, алюминия.- Новокузнецк: СибГИУ, 1999.- 250 с.
2. Полях О.А. Производство микро- и нанопорошка карбида кремния на основе техногенного микрокремнезема / О.А. Полях, В.В. Руднева, Н.Ф. Якушевич, Г.В. Галевский. – Вестник горно - металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии: сб. науч. трудов. - Вып. 32. - М. Новокузнецк: СибГИУ, 2013. - С. 112-131.
3. Полях О.А., Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. – т 1 : Микрокремнезем в производстве карбида кремния (монография) / научный редактор Г.В. Галевский.- М.: Флинта: Наука, 2007.- 248 с.

УДК 001:929

## **ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЯ - НА ПОРОГЕ 130-ЛЕТИЯ**

**Письмакова М.С., Веселовская В.В.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail:kafcmet.sibsiu.ru*

Проведено исследование, анализ и изучение вклада исследователей-металлургов П.-Л.Т.Эру и Ч.М.Холла в технологическое обоснование и промышленное освоение электролитического производства алюминия.

Ключевые слова: алюминий, электролитическое производство, глинозем, криолит, способ П. Эру - Ч. Холла.

*Введение.*

Анализ исторических материалов, описывающих зарождение и развитие различных способов получения алюминия, описанных в работах [1-3], позволяет выделить два основных этапа становления его промышленного производства: «химический» и «электрометаллургический». Создателем «химической» технологии производства алюминия по праву считается французский химик, исследователь и технолог Анри-Этьен Сент-Клер Девиль. Создателями электролитического способа производства алюминия стали ис-



следователи-металлурги Поль-Луи Туссен Эру (Франция) и Чарльз Мартин Холл (США).

Целью настоящей работы является анализ и изучение вклада П.-Л.Т. Эру и Ч. М. Холла в технологическое обоснование и промышленное освоение производства алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава.

*П.-Л. Эру (1863-1914 гг.).*

Поль - Луи Туссен Эру родился 10 апреля 1863 в Тюри-Аркуре в Нормандии. П. Эру учился в колледже Сен-Барб и рано проявил интерес к естественным наукам: физике, химии и механике. В пятнадцать лет П. Эру случайно прочел книгу «Алюминий, его свойства, производство и его перспективы», изданную известным в то время специалистом в области металлургии алюминия А.Сент - Клер Девилом. С этого времени у него возникло желание продолжать работу А.Сент - Клер Девиля. И вся дальнейшая деятельность П. Эру была посвящена алюминию.

Начиная с 1885 года, П. Эру пытался получить алюминий чисто химическими способами, а затем электролизом водных растворов солей алюминия. И лишь к 1886 году путем экспериментальных проб и ошибок он пришел к пониманию возможности получения алюминия электролизом растворенного в криолите глинозема.

В 1886 П. Эру разработал современный промышленный способ получения алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов. 23 апреля 1886 года он получает свой первый патент на изобретение электролизера (патент №175.711 Франция, патент №7426 Англия, 1887 год). 22 мая 1886 года П. Эру подает заявку на выдачу патента в США, в последствии отклоненную из-за признания приоритета за Ч. Холлом. Однако чистый алюминий оказался невостребованным. П. Эру решил направить свои усилия на получение его сплавов. Результаты исследования П. Эру по получения алюминиевых сплавов нашли отражение в его следующем изобретении — «Способ получения алюминиевых сплавов нагревающим и электризирующим действием тока на оксид».

17 октября 1888 года в Париже учредили Национальное электрометаллургическое общество, которое приобрело патенты П. Эру и, приступив к созданию алюминиевого завода, предложило ему стать его директором. Завод начал работать в апреле 1889 года – в местечко Фроже близ Гренобля в долине реки Изер.

В 1893 году под руководством П.Эру был пущен еще один завод – в местечке Ла-Пра на реке Арк в предгорьях французских Альп.

Франция целенаправленно развивала промышленное производство алюминия. Большинство новых заводов строилось на юго-востоке страны, во французских Альпах, где горные реки позволяли получать дешевую электроэнергию. В 1903 году появился завод в Ла-Сосса, через семь лет – более мощный в Аржентьер де Бессе на реке Дюранс.

Жизнь, научные и производственные этапы биографии П. Эру свидетельствуют о его определяющем вкладе в становление металлургии алюминия и его сплавов, как во Франции, так и во всем мире. Умер П. Эру близ Антиба 9 мая 1914 года.

*Ч. М. Холл (1863-1914 гг.).*

Чарльз Мартин Холл родился 6 декабря 1863 года в Томпсоне, штат Огайо, США, в семье священника. В годы обучения в Оберлинском колледже Ч. Холл решил заняться изобретением способа получения алюминия в промышленных масштабах. Поставив перед собой задачу во что бы то ни стало выделить алюминий, он перепробовал все вещества, которые мог достать. Убедившись в тщетности стараний, Ч. Холл перешел к опытам с электрическим током. Свои усилия он направил на поиск вещества, которое «растворяло бы глинозем подобно тому, как соль или сахар исчезает в кипящей воде». С этой целью он испытывал фториды кальция, магния, натрия. Однако здесь его поджидала трудность: эти вещества плавятся при очень высокой температуре. Так, шаг за шагом он пришел к криолиту.

Теперь настал черед опытов по электролизу. Перед исследователем встали новые проблемы, связанные с поиском материала для тигля. Первоначально он ставил опыты в керамическом тигле. Однако успехом они не увенчались. Он решил заменить керамический тигель графитовым – и это был последний шаг на пути к успеху. 23 февраля 1886 года Ч. Холл, проведя электролиз глинозема в расплавленном криолите, получил алюминий.

9 июля 1886 года Ч. Холл запатентовал электролитический способ получения алюминия и 2 апреля 1889 года получил патент США на свое изобретение. В дальнейшем Ч. Холлу удалось доказать, что свое открытие он сделал 23 февраля 1886 года.

Впервые изобретение Ч. Холла нашло применение на заводе братьев Коулз в Локпорте. Однако удалось получить всего лишь несколько килограммов алюминия. Чтобы увеличить масштабы производства, требовались кардинальные изменения технологии, но владельцы предприятия к этому не были готовы. Поскольку сотрудничество не складывалось, Ч. Холл, воспользовавшись поддержкой друзей и бизнесмена А. Хента из Питтсбурга, организовал Питтсбургскую восстановительную компанию. Первый принадлежащий ей завод был пущен 18 сентября 1888 года в Кенсингтоне близ Питтсбурга. В первые месяцы работы завод Питтсбургской компании ежедневно производил 50 фунтов алюминия (примерно 22,5 кг). В 1890 году завод выпускал уже 240 кг металла в сутки.

Вскоре помещения завода оказались малы для увеличивавшегося производства. И, что еще важнее, не хватало электроэнергии. На реке Аллегейни построили гидроэлектростанцию, и в марте 1891 года завод был перенесен в Новый Кенсингтон, неподалеку от Питтсбурга. В 1893 году на заводе ежедневно производилось 500 кг алюминия, в следующем году – в два раза больше. Питтсбургская восстановительная компания, во главе которой стоял

Ч. Холл, бурно развивалась. Несколько новых заводов было основано в штате Нью-Йорк вблизи новой Ниагарской гидроэлектростанции. Один из них, Niagara Falls, работает и в настоящее время. Компания в 1907 году была реорганизована в Американскую алюминиевую компанию (в настоящее время Alcoa), в которой Ч. Холл до конца жизни занимал пост вице-президента.

Обладая редким сочетанием таланта исследователя-экспериментатора и энергии предпринимателя, Ч. Холл по праву является основателем современной технологии промышленного производства алюминия, создателем алюминиевой промышленности США. Умер Ч.М. Холл 27 декабря 1914 года от лейкемии в городе Дейтон-Бич, штат Флорида (США).

#### Библиографический список

1. Розен Б.Я. Металл особой ценности. // Б.Я. Розен, Я.Б. Розен - М.: Металлургия, 1980. - 208 с.
2. Алюминий. Тринадцатый элемент. Энциклопедия. - М.: Библиотека РУСАЛа, 2007. - 240 с.
3. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация. / Г.В. Галевский [и др.] - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Флинта: Наука, 2008. - 520 с.

### **III. ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

УДК 622.271 (075.8)

#### **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**Горбунова А.Р.**

**Научный руководитель: канд. биол. наук Семина И.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: garro7991@mail.ru*

В работе рассматривается понятие термина «рекультивация», упоминаются истоки мирового и российского опыта в истории развития рекультивации нарушенных земель и называются этапы развития науки, которая активно развивается в России путем внедрения современных технологий.

Ключевые слова: история развития рекультивации, рекультивация нарушенных земель, мировой опыт рекультивации нарушенных земель, техногенные ландшафты.

Крошечный голубой шарик в беспредельном космосе - это наша родина, Земля. На сегодняшний день она является единственной планетой Солнечной системы, где есть жизнь.

Земля постоянно меняется и это не всегда к лучшему. Природные катаклизмы (вулканы, ураганы, землетрясения, засуха и многое другое) разрушают нашу планету. Но нас интересует человек, который своей деятельностью наносит вред природе и становится виновником стихийных происшествий, ведь именно разработка месторождений полезных ископаемых человеком ведет к проблеме разрушения земли техногенным способом. Такое разрушение структуры почвы, уничтожение растительного покрова ведет к большим бедствиям и, чтобы спасти жизнь на планете, мы должны защитить ее.

На протяжении столетий ведется добыча полезных ископаемых, необходимых для жизни человека, поэтому их поиск и разработка не прекращаются и до сих пор. Еще до нашей эры человечество добывало металлы (каменный век, бронзовый и железный периоды имеют не просто такие названия, а указывают на то, что в это время использовали такие важные для жизни полезные ископаемые). В настоящее время освоение природных ресурсов осуществляется такими интенсивными темпами, которые приводят к нарушению и изъятию из пользования значительных площадей плодородных земель.

Особое место в этом отношении занимает угольная промышленность, которая очень развита в нашем регионе. Шахты и разрезы Кузнецкого бассейна - основные поставщики угля. Уже в начале 1721 года появляются пер-

вые записи об угле в Кузнецком крае. Около 300 лет ведется угледобыча, поэтому изменение ландшафтов в нашем регионе имеет давнюю историю. Все это время (особенно последние 100 лет) разрушается поверхностный слой земли. Почве, нарушенной техногенным способом, требуется защита, ведь под воздействием человеческой цивилизации полностью нарушается естественная экосистема: исчезает плодородный слой, а значит, сокращается растительный и животный мир, взамен остаются только безжизненные горы отвалов, поэтому восстановление нарушенных земель является важной государственной задачей.

В целях защиты нарушенных поверхностей осуществляются работы по устройству искусственных покрытий, озеленению участков, т.е. проводится рекультивация нарушенных земель.

Новая иллюстрированная энциклопедия дает следующее определение: «рекультивация ландшафта (от re... и ср. век. лат.cultivo-обрабатываю, возделываю, полное или частичное восстановление ландшафта, нарушенного предшествующей хозяйственной деятельностью (добычей полезных ископаемых, строительством, сведением лесов и т.п.)» [9].

Термин «рекультивация» – слово иностранного происхождения, а понятие «рекультивация земель» – новое словосочетание, получившее активизацию только в последние десятилетия прошлого века. Оно появилось с развитием и распространением работ по восстановлению плодородия земель, полностью или частично разрушенных в результате деятельности горнодобывающей промышленности [2].

В отношении данного термина в научных работах существует разногласность, зависящая, скорее всего, от времени его трактовки.

В работах И.В.Лазаревой «История практических и научных работ по рекультивации нарушенных территорий – путь российских новаций» подробно рассматриваются термины «нарушенные территории» и «рекультивация» [10]. Л. В. Моторина в работе «Комплексность в рекультивации техногенных ландшафтов и терминологические аспекты проблемы» с особой тщательностью разбирает смысловое значение термина «рекультивация» и помогает разобраться в терминологических трудностях, а также дает свое понятие термина, определяя его «как комплексный процесс осуществления работ, выполняемых за определенный промежуток времени и направленных не только на реконструкцию отдельных частей техногенных биогеоценозов или улучшение состояния отдельных компонентов ландшафта, а на перестройку и усовершенствование всего техногенного комплекса в целом» [2].

В научных работах В.А. Андроханова, отмечается, что «современная рекультивация есть набор технологических приемов, позволяющий целенаправленно сформировать на месте нарушенных земель участки территории (местообитания, ландшафты поля рекультивации) с заданными в виде технического задания в рабочем проекте рекультивации параметрами хозяйственной и/или почвенно-экологической эффективности» [1, 8].

Познакомившись с термином, следует рассмотреть временные истоки истории развития рекультивации нарушенных земель.

Проблема освоения нарушенных добычей полезных ископаемых возникла со времени первых разработок нерудных ископаемых. И, естественно, усложнилась с разработкой других полезных ископаемых на больших площадях и с больших глубин, но также и восстановления отработанных территорий.

Мировой опыт по рекультивации земель не насчитывает и века. Первые работы по рекультивации земель были проведены в 1926 г. на участках, нарушенных горными работами (США, шт. Индиана) [6]. Широкое развитие в Европе рекультивация получила главным образом после второй мировой войны, и осуществлялись в районах с повышенным уровнем концентрации промышленного производства и там, где дефицит земель ощущался наиболее остро [2].

И.В. Лазарева в своих работах предполагает, что рекультивацией у нас в стране стали заниматься после середины прошлого века [9], хотя в 1912 г. упоминается первый опыт России, когда на территории нынешней Владимирской области на участках заброшенных торфоразработок были поставлены опыты по их окультуриванию и выращиванию сельскохозяйственных растений [6].

В настоящее время успешная работа по рекультивации проводится во многих странах мира, где ведется добыча полезных ископаемых. Отработанные карьеры превращаются в водоемы для отдыха и спорта, отвалы используют под городские и рекреационные застройки, обустривают парки, склоны подлежат облесению и т.д.

Развитие рекультивационных работ в России можно отразить на определенных этапах.

Ученые И.А. Крупенников и А.М. Холмецкий выделяют следующие этапы:

1 этап (1906 – 1949 гг.) «характеризуется увеличением площади нарушенных промышленностью земель, осознанием необходимости их восстановления, проведением разрозненных опытов» [6];

2 этап (1950 – 1968 гг.) «характеризуется разработкой требований и указаний по рекультивации, проведением системных научно-производственных экспериментов и разрозненным планированием мероприятий по рекультивации» [6];

3 этап (1969 – 1980 гг.) «характеризуется научно-организационным становлением рекультоведения и разработкой государственных и отраслевых стандартов» [6];

4 этап (с 1981 г.) «знаменуется усиленной разработкой теории ускорения почвенных процессов, созданием высокоплодородного почвенного профиля за счет сокращения потерь почвы в процессе рекультивации, расширением масштабов землевосстановительных работ» [6].

Л.Т. Крупская в работе «История изучения проблемы рекультивации

нарушенных горными работами земель в ДВФО» тоже выделяет 4 этапа в рекультивации нарушенных земель.

1 этап (70 – 80-е годы) «характеризуется достаточно активной деятельностью по исследованию техногенных образований и их рекультивации» [10];

2 этап (начало 90-х годов) «развивается в период перестройки», «площадь нарушенных земель оставалась на том же уровне» [10];

3 этап (с середины 90-х до начала 2000-х годов) «характеризуется банкротством, ликвидацией и реорганизацией государственных предприятий», «без проведения рекультивационных мероприятий» [10];

4 этап (с начала 2000 годов и до н.в.) «отличается стремлением провести процедуру рекультивации в соответствии с требованиями законодательных актов новейшей истории» [10].

В Кемеровской области большинству угольным городам и поселкам немного за 70, т.е. развитие по добыче угля активизировалось в 30-е годы. До этого рекультивацией в полной мере заниматься не могли, т.к. 20-е годы 20 века – послереволюционные, 30-е года голодные, 40-е годы военные, 50-е годы послевоенные, 60-е годы восстановительные. Если применить систему этапов, предложенную Л.Т. Крупской к Кузбассу, то, пожалуй, можно дать каждому этапу свое название: развивающийся, перестроечный, упаднический и перспективный.

И.В. Зеньков в своей работе «Прогнозная экономическая оценка производства работ по рекультивации породных отвалов», анализируя Сибирский федеральный округ, отмечает, что «в бывшем СССР в горнодобывающей отрасли плодородный слой почвы с угольных разрезов вместе с породой верхнего вскрышного уступа вывозили в отвалы» и начались работы по рекультивации в 1970 г.

Открытый способ добычи угля приносит наиболее ощутимый урон природным ландшафтам Кузнецкого угольного бассейна, поэтому одновременно с его быстрым распространением возрастает необходимость восстановления продуктивности нарушенных значительных площадей плодородных земель и возвращения их в хозяйственное использование после окончания промышленных разработок.

Нельзя не согласиться с В.А. Андрохановым, который указывает, что целью рекультивации является не только «восстановление продуктивности» т.е. создание растительного покрова, а также «восстановление почвенной составляющей позволяет стабильно функционировать рекультивированным участкам неограниченно длительное время, в конкретных природно-климатических условиях, и быть востребованными для многоцелевого освоения» [8].

В настоящее время с большой или меньшей долей уверенности можно утверждать, что проблема рекультивации берет начало к середине прошлого века. На основании выполненного анализа следует отметить, что наука о рекультивации молодая и стала основательно изучаться в России чуть более

полувека назад. Это новая и перспективная наука, которая имеет свои направления и этапы и в данное время активно изучается.

Таким образом, рекультивация нарушенных земель является актуальной проблемой во всем мире и требует индивидуального подхода к каждому техногенному объекту. Для выполнения научно-исследовательской работы по данной проблеме требуется постановка следующих задач:

- оценка ресурсов рекультивации и горно-геологических условий объектов исследования в Кемеровской области;

- исследование физических свойств субстрата отвала с целью выявления лимитирующих факторов, препятствующих развитию почвенно-экологического состояния ландшафта и восстановлению фитоценоза;

- разработка технологических рекомендаций с целью восстановления техногенных ландшафтов в условиях угольных разрезов.

#### Библиографический список

1. Андроханов В.А., Семина И.С. Рациональное использование георесурсов с целью обеспечения эффективности рекультивации на разрезах Кузбасса / Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. - Новокузнецк, 2014. 363 – 368 с.

2. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель: хрестоматия / Уральский государственный университет им. А.М. Горького; сост. Н.В. Лукина, Т.С. Чибрик, М.А. Глазырина, Е.И. Филимонова.- Екатеринбург, 2008. - 256 с.

3. Детская энциклопедия для среднего и старшего возраста, том 1 Земля.- М.: «Издательство Академии Педагогических Наук РСФСР» 1958.- 587 с.

4. Иллюстрированный энциклопедический словарь Ф.А.Брокгауза и И.А. Ефрона. Том 17.Р.-М.: Изд-во Эксмо,2006. – 256 с.: ил. Кн.20.Че-Н76 Я. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 256с.: ил.

5. Кёте, Райнер Наша земля / Пер. с нем. Е.Ю. Жирновой. – М.: ООО ТД «Издательство Мир книги» 2007.-48 с.

6. Назьина К. С. История развития рекультивации нарушенных земель: Мировой и российский опыт // Научный вестник МГГУ. – 2013. – № 12 (45) / Международная конференция «Экология. Природопользование. Экономика». – 131-138 с.

7. Новая иллюстрированная энциклопедия. Кн.20.Че-Н76 Яя. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.- 256с.

8. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М., Андроханов В.А, Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013 г.

9. Словарь иностранных слов. - М.: Государственное издательство иностранных и национальных словарей, 1956.- 854 с.

10. Словарь иностранных слов.-18-е изд., стер.- М.: Рус. яз.,1989.- 642 с.



## **АНАЛИЗ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ОСНОВЕ «ЭФФЕКТА КАРПЕНТЕРА»**

**Сенченко О. А.**

**Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент Лежава С.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: sen4ena@yandex.ru; e-mail: lezhava-sa@yandex.ru*

Рассматриваются способы исследования психологических причин аварийности и производственного травматизма, применяемые в современной безопасности жизнедеятельности. Представлены реферативные сведения о методиках изучения этиологии несчастных случаев на производстве.

Ключевые слова: психологические причины, производственный травматизм, несчастные случаи, негативный фактор.

Проблемы аварийности и производственного травматизма нельзя решать только инженерными методами, поскольку вызваны данные проблемы в большинстве случаев не инженерно-конструкторскими дефектами, а организационно-психологическими причинами, такими как низкий уровень профессиональной подготовки, пребывание людей в различных психологических состояниях (расстройство, возбудимость, безразличие...), пребывание в состоянии утомления [1].

Данные международной статистики [2] свидетельствуют о том, что главным виновником несчастных случаев является, как правило, не техника, а сам человек, 80 % всех травм происходит по прямой вине самих пострадавших. В США с невнимательностью, ошибками рабочих связывают 85 - 90 % всех травм, в Польше – порядка 60 - 90 %. В 1931 г. В.Х. Хайнрих (Heinrich) [3, 4], исследуя около 75 000 несчастных случаев, подлежащих страховым выплатам, установил широко известную зависимость: 88 % всех несчастных случаев вызваны неправильными действиями персонала, 10 % - ненадежностью оборудования и только 2 % - "форс-мажорными", непреодолимыми и непредвиденными обстоятельствами.

Исследованиями М. А. Котик [5] установлено, что в 76,5 % несчастных случаев в машиностроении виновниками травматизма были сами пострадавшие, в 6,1 % - другие люди и лишь в 10,7 % случаев несчастье произошло по техническим причинам, а в 6,7 % - по организационным причинам.

Подверженность человека несчастным случаям предопределяется его здоровьем, физическим и психическим состоянием. Особую роль здесь играют хронические заболевания, такие как заболевания нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма, способные вызвать быструю утомляемость, слабость, либо повышенную раздражительность. Людей с такими заболеваниями по медицинским показаниям не могут отстранять от работы, поэтому шанс травмирования у них выше, чем у здоровых коллег. Плохое

настроение, состояние алкогольного или наркотического опьянения, биологические ритмы также могут привести к несчастному случаю.

Существует множество методов психологического анализа производственного травматизма, таких как закон Йоркса-Додсона, закон «Обратного эффекта», эффект Карпентера, эффект «обожженных пальцев» и другие. В данной статье рассмотрен наиболее распространенный на сегодня метод под названием «эффект Карпентера».

Немецкий исследователь Карл Марбе впервые высказал идею о связи первичных несчастных случаев с последующими. Его теория была основана на наблюдениях за военнослужащими в течение 10 лет, в результате чего он установил, что уровень травматизма у военных, не получивших травмы за первые 5 лет службы, в последующее время был в 2-3 раза ниже, чем у лиц, попадавших в несчастные ситуации в первые годы службы. Позднее идея К. Марбе была подтверждена М. Шорн на статистическом материале анализамелких травм, возникавших у школьников во время сельскохозяйственных работ. Английский психолог Карпентер (William Benjamin Carpenter, 1813-1885 гг) сформулировал [6] эту же закономерность в более общем виде: «Каждое восприятие или представление порождает склонность к подобному же восприятию или представлению» [2]. Этот закон, получивший название эффекта Карпентера, касается не только проблем травматизма, он справедлив для различных видов человеческой деятельности, в том числе и в области ошибочных действий. Применяя данный эффект к психоанализу производственного травматизма, его можно охарактеризовать как «зависимость более поздних несчастных случаев от предшествующих». Стоит отметить, что не только свершившиеся конкретные события, но даже наши мысли о несостоявшихся еще событиях способствуют реализации эффекта Карпентера. Поэтому люди, которые долго настраиваются на возможность совершения ошибочных действий, которые начинают верить в свою неудачу, находятся в состоянии волнения, реально приводящего к несчастным случаям и оплошностям. Однако данный закон имеет и положительную сторону, ведь позитивный настрой значительно повышает шансы на успех.

В связи с этим, стоит учитывать, что если человек недавно пережил какое-либо негативное событие, то ему следует воздержаться от выполнения сложных, ответственных и опасных работ. Этому человеку лучше взяться за дело «третьей» важности, успех, в выполнении которого переведет его под сознание на «волну удачи», после чего можно браться за действительно важные дела.

Таким образом, склонность к несчастным случаям необходимо рассматривать как результат объединения индивидуально-психологических качеств человека с определенными профессиональными условиями, особенностями деятельности и другими объективными факторами.

#### Библиографический список

1. Интернет – ресурс. Режим доступа [http://life-prog.ru/1\\_36531\\_psiho](http://life-prog.ru/1_36531_psiho)

log icheskie -aspekti-bzhd.html;

2. С. М. Сидоренко. Человеческий фактор в обеспечении безопасности – Краснодар: ФГОУ ВПО «КГАУ», 2009. - 159 с.;

3. Heinrich HW (1931). Industrial accident prevention: a scientific approach. McGraw-Hill. quoted in Hollnagel, Erik (2009). Safer Complex Industrial Environments: A Human Factors Approach. CRC Press. 2009.

4. Hayhurst, ER (January 1932). "Review of Industrial Accident Prevention: a Scientific Approach". Am J Public Health Nations Health **22** (1): 119–20. doi:10.2105/AJPH.22.1.119-b. PMC 1556694

5. Котик, М.А. Психология и безопасность / М.А. Котик. - Таллин: Валгус, 1987. 334 с.

6. Materialien und Dokumente zum ideomotorischen (Carpenter) Effekt, hier die Originalarbeit. <http://www.sgipt.org/medppp/psymot/carp1852.htm>

УДК 504.4:571.531.55

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ЗАЩИТА ОЗЕРА БАЙКАЛ**

**Шепелев В.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук Коротких Н.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Проведен анализ сбросов загрязняющих веществ для определения состояния озера Байкал.

Ключевые слова: отходы производства, меры защиты сточных вод, загрязняющие вещества.

Байкал – древнейшее озеро Земли. Ему около 25 миллионов лет. Байкал находится в Восточной Сибири и по праву считается одним из чудес природы. Это самое глубокое (1637 м) древнейшее озеро на Земле. Байкал содержит 20% мировых запасов поверхностных пресных вод. Удивительная чистота воды Байкала обусловлена малым количеством взвешенных веществ и поддерживается благодаря эндемичному планктонному рачку – эпишуре. Прозрачность воды Байкала достигает глубины 40 м. В Байкал впадают более 300 рек, самый крупный приток – река Селенга. Вытекает из Байкала только одна река – Ангара, ее называют «дочерью Байкала».

Авторами был проведен анализ сбросов загрязняющих веществ, чтобы определить экологическое состояние озера Байкал. Наиболее экологически опасным источником загрязненных вод озера является Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат. Это признано в российских государственных докладах «О состоянии озера Байкал и о мерах по его охране». Проблемы загрязнения, создаваемого БЦБК, многократно отмечались в решениях Комитета всемирного наследия ЮНЕСКО.

Целлюлозно-бумажный комбинат – единственное крупное промышленное предприятие, которое сбрасывает сточные воды непосредственно в Байкал. Ежегодно ОАО «БЦБК» сбрасывал около 96% сточных вод от общего объема отведенных в бассейн озера Байкал стоков в Иркутской области и основную массу загрязняющих веществ [5].

В соответствии с Государственным докладом «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2010 г.», Государственным докладом «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2011 г.» постоянными источниками воздействия действующего предприятия являются:

1) *Сбросы недостаточно очищенных сточных вод.* В 2010 г. в озеро Байкал было сброшено 12 499,79 тысяч м<sup>3</sup> недостаточно очищенных сточных вод, в 2011 г. - 26526,59 тысяч м<sup>3</sup>. Так в 2011 г. были превышены объемы сбросов загрязняющих веществ в водоем по сульфатам в 17,6 раз, хлоридам - в 18,6, по показателю ХПК - в 5,3, по нитритам - в 4,9, по фосфатам - в 2,4 раза.

2) *Выбросы в атмосферу.* На ОАО «Байкальский ЦБК» имеется 147 источников выбросов в атмосферу, в том числе организованных - 116 (выброс через вентиляционные шахты, трубы), неорганизованных - 31 (выброс от открытых источников, включая площадные источники выбросов в атмосферу) (таблица 1). Количество ингредиентов, присутствующих в выбросах в атмосферу - 46. Газоочистным оборудованием оснащено 53 источника выделения загрязняющих веществ.

Таблица 1 - Выбросы (тонн/год) загрязняющих веществ в атмосферу от ОАО «БЦБК»

Вещества	Факт, 2010 г.	Факт, 2011 г.
Всего,	2207	2998
в том числе:		
диоксид серы	841	1167
оксиды азота	588	662
оксид углерода	0,58	1,95
углеводороды		0.004
ЛОС	82	61.5

3) Естественный дренаж в Байкал загрязненных подземных вод из купола, расположенного под промышленной площадкой комбината. На промплощадке БЦБК организован перехват загрязненных подземных вод с последующей очисткой специально построенным водозабором. В период с 2001 по 2011 г. благодаря ему было извлечено около 8 600 000 м<sup>3</sup> загрязненных подземных вод, которые могли бы попасть в Байкал. В 2011 г., по данным производственного контроля, в подземных водах перехватывающего водозабора уровни ПДК превышали следующие компоненты и показатели: сухой остаток до 2-5 ПДК, нефтепродукты – 6, алюминий – 10, формальдегид – 30, лигнин – 38, железо –

48, перманганатная окисляемость – 52, ХПК – 67, цветность – 293 ПДК. После чистки скважин в декабре 2011 г. сухой остаток увеличился до 9,6 г/л (10 ПДК), содержание лигнина до 449 мг/л (90 ПДК), цветность до 9881 мг/л (494 ПДК).

4) *Отходы производства.* За 2011 г. БЦБК в сумме произвёл 56205 т отходов I-V классов опасности (таблица 2).

Таблица 2 - Отходы производства (тонн/год)

Классы опасности	Факт, 2010 г	Факт, 2011 г
1 класс	0.127	0.589
2 класс	0.260	0.229
3 класс	6.66	39.4
4 класс	305	12518
5 класс	42071	43647
Всего	42382	56205

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК) был открыт в 1966 г. Наиболее рентабельным его продуктом была беленая целлюлоза. Ее использовали в оборонной промышленности, в частности, для изготовления отдельных элементов межконтинентальных баллистических ракет «Тополь» и «Булава». В этот период предприятие получило широкую известность как крупнейший источник загрязнения Байкала. Собственно, это обстоятельство, а также финансовый кризис сыграли ключевые роли в постепенном упадке комбината. По данным Гринпис, Байкальский ЦБК ежегодно сбрасывал в озеро порядка 100 тысяч кубометров сточных вод. В сентябре 2008 г. по требованию природоохранных ведомств БЦБК перешел на систему замкнутого водооборота, прекратив сброс промышленных сточных вод в Байкал. Этот переход сделал невозможным дальнейшее производство беленой целлюлозы. Работа в этом режиме оказалось для комбината убыточной.

Менеджмент БЦБК разработал план восстановления платежеспособности комбината, который предусматривал программу его экологической и технологической модернизации и репрофилирования, завершение которой планировалось к 2013 г. Для этого правительством принято решение о переносе производственных мощностей. Эксперты полагают, что это произойдет в течение двух лет. Правительством было принято решение о закрытии БЦБК 01.03.2013 г.

*«Мы приняли решение о закрытии Байкальского ЦБК с переносом производства необходимых видов продукции на другие заводы. Это сложный процесс, но в течение нескольких лет его, возможно, осуществить»,* – заявил журналистам вице-премьер Аркадий Дворкович в кулуарах Всероссийского форума работников лесной отрасли, который прошел 27 февраля в Москве.

Между тем, в 2013 г. на Лесном форуме было сообщение о планах по открытию новых предприятий по глубокой переработке древесины в Новгородской, Вологодской, Иркутской областях, в Красноярском крае и на Севере. *«По*

*всем этим регионам мы активно работаем с инвесторами, ищем возможности для реализации серьезных проектов. В настоящее время, несмотря на сложности, ряд проектов близится к завершению, в частности, в Иркутской области в Усть-Илимске завершается строительство завода. Довольно много проектов по производству строительных материалов планируется реализовать в Татарстане и других регионах».*

Байкал это не просто озеро. Это наша история. Наша судьба. И может быть наша жизнь. Каждый из нас должен об этом помнить.

#### Библиографический список

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 июля 2011 г. N 1274-р г. Москва
2. Постановление Правительства РФ от 21.08.2012 N 847 «О федеральной целевой программе "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012 – 2020 гг.».
3. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ.
4. Экологический кодекс РФ.

УДК 658.34.05:656.2

## **РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Киселева А.С., Воронова А.В.**

**Научный руководитель: Стрелковская О.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изложены проблемы безопасности на железнодорожном транспорте, связанные с неправильными действиями человека.

Ключевые слова: безопасность, авария, железнодорожный транспорт, ошибка, человеческий фактор.

Железнодорожный транспорт является ведущим видом транспорта из всех существующих в настоящее время. На долю железных дорог России приходится более 50% мирового грузооборота и 25% - пассажирских перевозок. Общая протяжённость наших железнодорожных линий составляет 11% от протяжённости мировых железнодорожных путей.

Аварии и катастрофы на железной дороге уже стали её печальной особенностью. Часто они сопровождаются одновременной гибелью большого числа пассажиров, многие получают травмы различного характера и степени тяжести. Результаты анализа обстоятельств, приводящих к авариям и другим ЧС, позволяют определить основные причины их возникновения. В данной

статье авторы рассматривают аспект влияния «человеческого фактора» на причины аварий и катастроф на железнодорожном транспорте.

Не всегда психологические и психофизиологические характеристики человека соответствуют уровню сложности решаемых задач или проблем. Характеристики, возникающие при взаимодействии человека и технических систем, называют «человеческим фактором». Ошибки, вызываемые проявлением человеческого фактора, как правило, непреднамеренны: человек выполняет ошибочные действия, расценивая их как верные или наиболее подходящие.

Причиной многих аварий является человеческий фактор. Понятие «человеческий фактор» характеризуется чрезвычайной многогранностью и сложностью. Это комплекс всех качеств человека, оказывающих влияние на безопасность жизнедеятельности, происхождение транспортных происшествий и аварий. Теоретически в это понятие также могут быть включены все явления в организации безопасности движения, так или иначе связанные с человеком. Основные исследования в области транспортной безопасности приводят к однозначному выводу, что основной причиной большинства аварий и катастроф на транспорте является человеческий фактор – прежде всего, ошибки машинистов и диспетчеров. От слаженности и взаимопонимания в связке этих двух профессий в немалой степени зависит безопасность движения на железнодорожном транспорте. Причины, способствующие ошибочным действиям человека, можно объединить в несколько групп: недостатки информационного обеспечения, отсутствие учёта человеческого фактора; ошибки, вызванные внешними факторами; ошибки, вызванные физическим и психологическим состоянием и свойствами человека; ограниченность ресурсов поддержки и исполнения принятого решения.

Отсутствие полной уверенности в успешности выполнения предстоящего действия, сомнения в возможности достижения цели деятельности порождают эмоциональную напряженность, которая проявляется как чрезмерное волнение, интенсивное переживание человеком процесса деятельности и ожидаемых результатов. Эмоциональная напряженность ведет к ухудшению организации деятельности, перевозбуждению или общей заторможенности и скованности в поведении, возрастании вероятности ошибочных действий. Степень эмоциональной напряженности зависит от оценки человеком своей готовности к действиям в данных обстоятельствах и ответственности за их результаты. Появлению напряженности способствуют такие индивидуальные особенности человека, как излишняя впечатлительность, чрезмерная старательность, недостаточная общая выносливость, импульсивность в поведении. Источником ошибок может служить снижение внимания в привычной и спокойной обстановке. В такой ситуации человек расслабляется и не ожидает возникновения какого-либо осложнения. При монотонной работе иногда появляются ошибки, которые практически никогда не встречаются в напряженных ситуациях.

Ошибки в выполнении тех или иных действий могут быть связаны с неудовлетворительным психическим состоянием человека. При этом у человека подавленное настроение, повышенная раздражительность, замедленность реакций, а иногда, наоборот, излишнее волнение, суетливость, ненужная говорливость. У человека рассеивается внимание, возникают ошибки при выполнении необходимых действий, в особенности при неожиданных отказах оборудования или внезапных изменениях ситуации. Причиной появления ошибок человека могут быть отсутствие или недостаточность информационной поддержки; особенно сильно эта проблема проявляется в экстремальных ситуациях и в условиях дефицита времени на принятие решения.

Вот несколько ярких примеров ошибочных действий работников.

9 мая 2013 в 01:40 по московскому времени на станции Белая Калитва Ростовской области Северо-Кавказской железной дороги произошёл сход с рельсов локомотива и 51 вагона грузового поезда № 2035 (в составе 69 вагонов), с последующим возгоранием семи и детонацией одной цистерны с газом пропаном. В результате пожара и последующего взрыва были разрушены ряд зданий и жилых домов, пострадало 52 человека. Причиной крушения стало засыпание членов локомотивной бригады, в результате чего состав превысил допустимую скорость на 55 км/час и сошёл с рельсов на скорости свыше 95 км/час.

11 января на участке Волховстрой II – Тихвин из-за психического расстройства машиниста тяжёлый грузовой поезд весом свыше пяти тысяч тонн проехал ряд станций, несмотря на запрещающие показания светофоров. Остановили его лишь путём отключения электроэнергии. В результате инцидента никто не пострадал, но последствия могли быть гораздо серьезнее, если бы поезд набрал скорость.

Наша безопасность напрямую зависит от ремонтного персонала в оранжевых жилетах. В августе 2014 года на 34-м километре ветки Саратов-Волгоград с рельсов сошли 23 вагона со щебнем. Пострадавших не было, но движение было перекрыто на 12 часов. Виновные нашлись сразу – строители подрядной организации нарушили правила работы с подвижным составом. Страшно представить, какими были бы последствия происшествия, если бы с рельсов сошел поезд с людьми или товарняк, груженный нефтепродуктами.

В октябре очередная авария произошла на железнодорожной станции Сенная. По вине диспетчера на землю вылились восемнадцать тонн топлива. Другой работник, занимающийся ремонтными работами на железной дороге, вдруг покинул рабочее место. Скоро нашли его труп – он умер от переохлаждения, находясь в состоянии алкогольного опьянения.

Всех этих аварий можно было избежать, если бы люди серьезнее относились к своей работе, были более подготовленными принимать решения в сложных ситуациях. Готовность человека к успешным действиям в аварийной ситуации складывается из его личностных особенностей, уровня подготовленности, полноты информации о случившемся, наличии времени и



средств для ликвидации аварийной ситуации, наличия информации об эффективности предпринимаемых мер.

В заключение, хотелось бы выделить основные моменты, которые определяют уровень надежности и роль человеческого фактора в системе «человек - транспортное средство - окружающая среда»: физиологическое и психологическое состояние человека, инженерно-психологическая и профессиональная подготовка, эргономика рабочего места, морально-волевые качества работника, медицинский и психологический отбор, контроль функционального состояния во время работы, медицинская и психологическая поддержка. Все перечисленное, на наш взгляд, может и должно быть основой обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте.

#### Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник / С. В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011.- 680 с.

3. Практическая психология: учебник / Авторы: М. К. Тутушкина В. А. Артемьева; С. А. Волков; О. Б. Годлиник. и др. Под ред. д-ра психол. наук, проф., акад. БПА М. К. Тутушкиной – 4-е изд., перераб., доп – СПб.: Изд-во «Дидактика Плюс», 2001.- 368 с.

4. Сайт «Безопасный труд» (<http://bezopasnyitrud.info/index.php/9-stati/162-psikhologiya-bezopasnosti-truda-v-deyatelnosti-cheloveka>).

УДК 504.06: 622.882

### **МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В ПРЕДЕЛАХ САЯНО-ПАРТИЗАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.**

**Елизарова Ю.А., Савченко К.А.**

**Научный руководитель: канд. с.-х. наук, доцент Шипилова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассматриваются объемы использования воды, водоотведения за 2010 год, водопотребление, усредненные значения загрязнения сточных вод в пределах Саяно-Партизанского месторождения угольного месторождения.

Ключевые слова: Саяно-Партизанское, месторождение, мониторинг, сточные воды.

Целью работы является оценка текущего состояния водной среды Красноярского края, за счет влияния Саяно-Партизанского месторождения.

Красноярский край является крупным промышленным районом. Действующий фонд угледобывающих предприятий края включает одну шахту и

десять разрезов. Разрезами разрабатываются буроугольные месторождения Канско-Ачинского угольного бассейна. Суммарная производственная мощность разрезов составляет 46,5 миллионов тонн в год. Стоит заметить, что площадь залежей полезного ископаемого достаточно большая и не имеет четких очертаний, поэтому часть месторождения может находиться на территории края, а часть на территории соседних регионов.

Объектом исследования является Саяно-Партизанское месторождение каменных, гумусовых углей. Оно расположено в предгорьях Восточного Саяна, на территории Саянского и Партизанского муниципальных районов Красноярского края, в 100-145 км к юго-востоку от г. Красноярска. Месторождение располагается в зоне сочленения Рыбинской впадины Сибирской платформы с Восточно-Саянской геосинклинальной системой, в границах Саяно-Партизанского синклинория, где на крыльях обнажаются породы среднедевонского возраста, а в ядре - юрские угленосные отложения. На юго-западе структура граничит с Кожелакским выступом, на северо-востоке с Кий-Арбайским антиклинорием [3, С. 43].

По данным Красноярского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, химический состав воды реки Енисей – основной водной артерии Красноярского края, формируется под влиянием загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами предприятий угольной промышленности. Речная сеть принадлежит бассейну р. Кан и представлена р. Анжа и её притоком р. Худая, которая протекает с северо-запада на юго-восток от участка работ, расстояние до реки 50-400 м (рисунок 1).

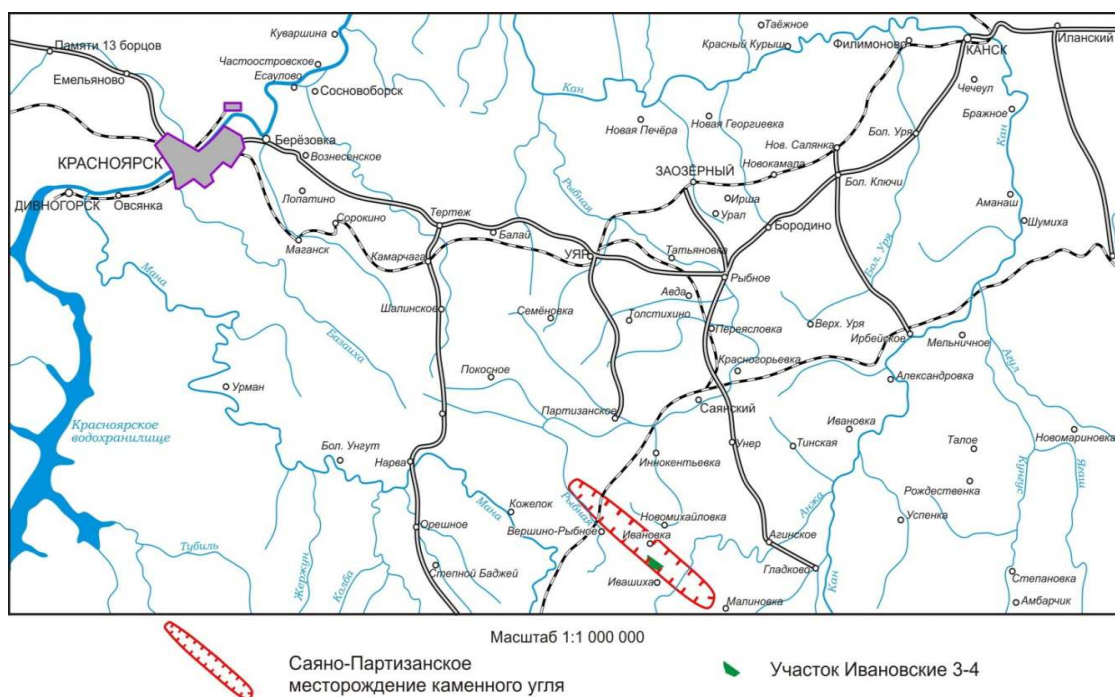


Рисунок 1 – Обзорная карта, масштаб 1:1 000 000

Исследование проводилось на территории Саяно-Партизанского месторождения в 2010 году. На месторождении выполнялись следующие виды работ:

- наблюдения за уровнем промывочной жидкости при бурении разведочных скважин.

- бурение 3-х кустов опытных гидрогеологических скважин общим объемом 624,6 п.м.;

- три кустовые откачки суммарной продолжительностью 31 бр/см.;

- отбор проб воды на сокращенный химический анализ, 3 пробы.

Места расположения кустов предусматривали получение расчетных гидрогеологических параметров в зоне первоочередной отработки угольных пластов. Были опробованы: скв. № 41-Г - водоносный горизонт - песчаники вскрыши (J<sub>2</sub>km); скв. 18-Г - водоносный горизонт угленосной толщи (пласты Невыдержанный-8а и Партизанский-7<sub>1</sub>) (J<sub>1</sub>pr); скв. № 2-Г - водоносный горизонт - подстилающих песчаников (J<sub>1</sub>pr). Все пробы были взяты на северо-западе месторождения.

Ожидаемый уровень техногенного воздействия производственной деятельности разреза на окружающую природную среду оценивается для условий его работы с проектной производительностью по добыче угля - 1,7 млн.т в год [1, С. 58].

В настоящее время обеспечение питьевой водой персонала разреза осуществляется за счет подвоза воды, забираемой из водозаборной скважины, расположенной в с. Ивановка. Подземные воды соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4. 1074-01. Для хозяйственного и технического водоснабжения предприятие использует карьерные воды зумпфа-отстойника.

Годовой лимит забора воды и фактические объемы водопотребления и водоотведения, согласно расчетным данным и последнего отчета по ф. 2-тп (водхоз), приведены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1 – Объемы водопотребления воды за 2010 год (тыс. м<sup>3</sup>)

Наименование источника	Лимит забора воды	Забрано или получено	Использовано воды		
			всего	в т.ч. на нужды	
				хозяйственно-питьевые	производственные
Карьерные воды	227	247	2		2
Всего		247	2		2

Таблица 2 - Объемы водоотведения за 2010 год (тыс.м<sup>3</sup>)

Наименование приемника	Всего	в т.ч. в поверхностные водные объекты		
		загрязненных		нормативно-очищенных на сооружениях очистки
		без очистки	недостаточно очищенных	
Пруд-накопитель	245	-	245	-
Всего	245	-	245	-

При увеличении производственной мощности разреза до 1,7 млн.т угля в год среднегодовой расход воды, определенный с использованием удельных укрупненных норм водопотребления для горнодобывающих предприятий составит:

Таблица 3 - Водопотребление предприятия

Потребители	Ед. изме-рения	Расход свежей воды из источника, м <sup>3</sup>					
		Питьевой				технической	
		для хозяйственно-бытовых нужд		для нужд производства			
		норма	годовой	норма	в год	норма	годовой
Разрез	т	0,0025	42500			0,0076	129,2
Прочие потребители	%	20	8500			10	11,8
Итого, тыс. м <sup>3</sup>			50				140

В качестве основного источника технической воды будут служить осветленные карьерные воды. Для снабжения свежей водой питьевого качества предусматривается использовать подземные воды из 2-х водозаборных скважин, которые намечается пробурить в 0,5 км к северу от промплощадки и которые с запасом обеспечат необходимую потребность в 50 тыс.м<sup>3</sup> [2, С. 47 - 50].

Количество сточных вод при разработке участка Ивановский 3-4, в связи с ожидаемой величиной водопритоков в карьер на уровне 8,8 млн.м<sup>3</sup>, будет составлять порядка 8,6 млн.м<sup>3</sup> в год.

Содержание загрязняющих веществ в сточных водах разреза по отчету за 2010 г. и расчетное (на основе удельных сбросов) на производительность предприятия в 1,7 млн.т представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Усредненные значения загрязнения сточных вод

Загрязняющее вещество	Содержание веществ			
	ПДС, мг/л	сточные воды разреза		
		факт 2010 года		Прогноз
		мг/л	т/год	
БПК <sub>полн</sub>	3,0	2,53	0,62	22,1
ХПК	15	12,08	2,96	105,8
Нефтепродукты	0,05	0,04	0,01	0,36
Взвешенные вещества	3,13	2,37	0,58	20,7
Сульфаты	79,9	146,5	35,9	1283
Железо	0,37	0,49	0,12	4,29
Азот аммония	0,39	0,29	0,07	2,50

Окончание таблицы 4

Загрязняющее вещество	Содержание веществ			
	ПДС, мг/л	сточные воды разреза		
		факт 2010 года		Прогноз
		мг/л	т/год	
Нитрит-анион	0,02	0,01	0,002	0,09
Нитрат-анион		0,10	0,02	0,88
Азот	0,39	0,33	0,08	2,86
Марганец	0,01	0,07	0,018	0,64
Медь	0,002	0,004	0,0009	0,03
Цинк		0,012	0,003	0,11
Алюминий	0,025	0,02	0,004	0,14
Стронций		0,39	0,096	3,43
Свинец		0,002	0,0006	0,02
Итого		165,22	40,48	674,4

Превышение по факту относительно ПДС сульфатов, железа, марганца и меди в сбрасываемых сточных водах связано с повышенным содержанием этих веществ в добываемом угле в естественном состоянии.

Очистка карьерных вод производится в настоящее время в пруде-отстойнике, состоящем из двух секций емкостью 158 и 180 тыс. м<sup>3</sup>. Предусматривается увеличить его объем до 600 тыс.м<sup>3</sup>. Отстойник оборудован нефтеулавливающим устройством. Очистка карьерных вод производится путем длительного отстаивания и двухступенчатого фильтрования. Первая ступень фильтра из древесных стружек, задерживает плавающие загрязнения, вторая на напорных фильтрах, загружена цеолитом, задерживает взвешенные вещества. Степень очистки от взвешенных веществ и от нефтепродуктов составляет в первом отстойнике 65%, во втором – 60% [1, С. 97].

С целью охраны водных ресурсов от загрязнения предусматривается произвести уплотнение площадок, на которых будут размещены склад ГСМ и стоянка для горнотранспортного оборудования, глинистым водонепроницаемым грунтом. Очистку всех категорий сточных вод предприятия предполагается осуществлять на очистных сооружениях биологической очистки, с доведением уровня загрязняющих веществ в них до уровня ПДК.

Анализ информации позволяет сделать вывод - сточные воды дают не более 50 % загрязнения, большой вклад в загрязнение вод вносят рассредоточенные по водосборам диффузионные источники и промышленные предприятия. Выявлять и контролировать такие источники весьма сложно, поэтому необходимо строго соблюдать регламент землепользования, и самое важное - повышать общую культуру водопользования и водопотребления

## Библиографический список

1. ОАО «Красноярскгеология». Отчет о доразведке и подготовке к открытой карьерной добыче угля на участках Ивановские 3,4 Саяно-Партизанского месторождения Канско-Ачинского бассейна.- Канск, 2011.- С. 128.
2. Кавицкий С.Л. Техничко-экономический доклад о целесообразности доразведки участка Ивановские3-4 Саяно-Партизанского месторождения каменного угля для открытой карьерной добычи. – Красноярск, 1989.- С. 91.
3. Красноярское АГП. Технический отчет о выполнении топографо-геодезических работ на объекте 24.02.0200-Д (Разрез Саяно-Партизанский). - Красноярск, 1990.- С. 78.

УДК 66.067.8.081.3

## **ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ИОНОВ ЦИНКА ИЗ ВОДЫ СОРБЕНТАМИ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

**Абызова Е.А., Куталова А.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Сомин В.А.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, e-mail: Arbolet\_94@mail.ru*

Работа посвящена исследованиям по получению сорбентов на основе модифицированной лузги подсолнечника с целью очистки воды от соединений тяжелых металлов. Определена статическая емкость полученных материалов по ионам цинка, а также кинетические параметры сорбции.

Ключевые слова: очистка воды, тяжелые металлы, сорбенты, отходы растениеводства

Проблема загрязненности поверхностных водных объектов соединениями тяжелых металлов остается достаточно острой в России. Загрязняющими веществами являются: азотистые (нитраты, нитриты, аммиак, соединения аммония), нефтепродукты, сульфаты и хлориды, фенолы, соединения тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть). Основными источниками поступления металлов в водоемы являются сточные воды предприятий машиностроения, химические производства и ряд других. Наиболее полно удалить загрязнения до величины ПДК позволяют физико-химические методы очистки, в частности, сорбция. Однако реализация данного метода затруднена дороговизной применяемых сорбентов. В этой связи поиск недорогих и высокоэффективных материалов – одна из наиболее актуальных задач практики водоочистки. Такие материалы могут быть созданы из вторичного сырья, в том числе из отходов производства.

В Алтайском крае крупные сельскохозяйственные предприятия, такие

как ООО «Альтаир-Агро», ООО «АргоСиб Раздолье» и другие образуют большое количество отходов в виде лузги подсолнечника и гречихи, которые могут служить сырьем для производства сорбентов. Это обусловлено также тем, что большой объем и высокий темп накопления отходов и слабое развитие индустрии вторичной переработки приводит к тому, что основным методом их утилизации является захоронение.

В АлтГТУ им И.И.Ползунова проводятся исследования, направленные на решение проблемы использования в качестве сорбента для очистки воды от соединений металлов лузги подсолнечника. Поскольку лузга в нативной форме обладает невысокими сорбционными свойствами, увеличение сорбционной способности производилось модификацией раствором гидроксида натрия.

На первом этапе исследования были изучены кинетические параметры сорбции материала, не подвергнутого обработке. Исследования проводились на модельных растворах ионов цинка, концентрация которых определялась фотоколориметрическим методом. Полученные данные представлены на рисунке 1.

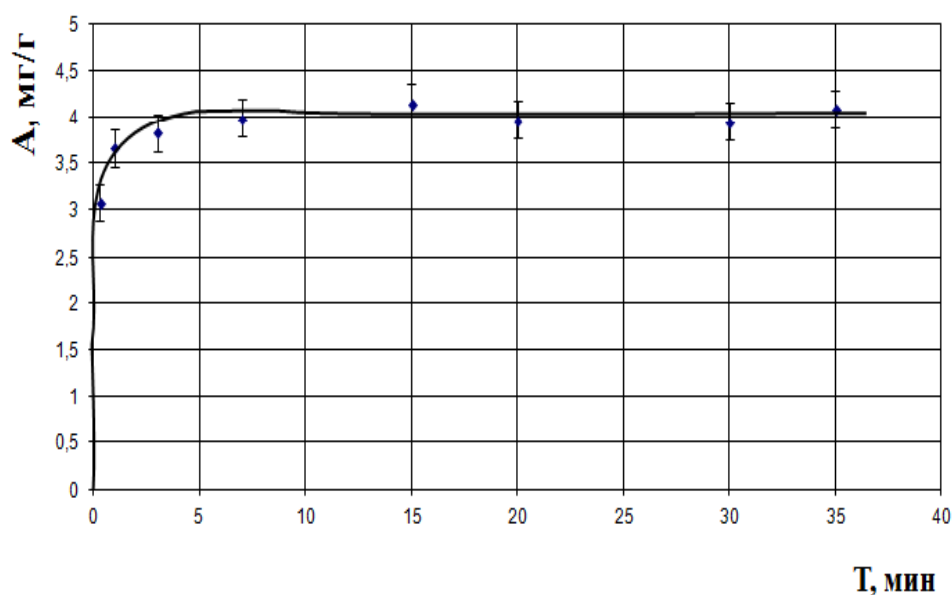


Рисунок 1 – Зависимость сорбционной емкости лузги подсолнечника по ионам цинка ( $A$ ) от времени ( $T$ )

Из рисунка 1 следует, что период, в течение которого устанавливается сорбционное равновесие, составляет около 7 минут, что весьма мало и обуславливает непродолжительное время контакта загрязненных стоков с сорбентом.

На втором этапе были изучены статические характеристики сорбции ионов цинка в нативной и модифицированной форме. Полученные данные представлены на рисунке 2. Как видно, ход кривых аналогичен друг другу, следовательно, модификация незначительно влияет на сорбцию ионов цинка лузгой. Максимальное значение сорбционной емкости составило 43 мг/г.

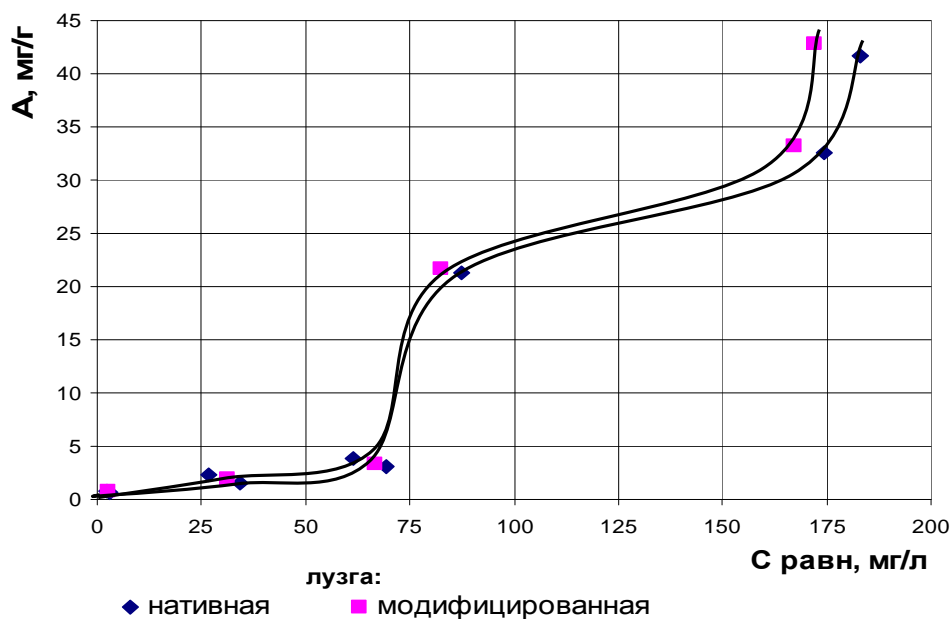


Рисунок 2 – Изотермы сорбции ионов цинка на лузге подсолнечника

Из хода изотерм сорбции можно сделать вывод о том, что их можно отнести к типу S2 по классификации Гильса, следовательно, в материале предположительно преобладают мезопоры. Вместе с тем, дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск более эффективного модификатора для активации лузги подсолнечника.

УДК 58.084

## РОСТ И РАЗВИТИЕ ТОМАТОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОЙ ДОСВЕТКЕ РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЛАМП

**Александрова С.Н., Кудайбергенова Ж.Д., Рыбакова А.А.**  
**Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Незнамова Е.Г.**

*Томский университет систем управления и радиоэлектроники,  
г. Томск, e-mail: office@tusur.ru*

В статье приведены данные об эксперименте, в котором изучалось влияние источников искусственного освещения при досветке томатов черри, основные исходные практические данные и конечные результаты эксперимента.

**Ключевые слова:** томаты, светодиод, тепличные растения, источники света.

В начале двадцатого века было обнаружено, что досветка растений искусственными источниками освещения оказывает положительное влияние на их рост и развитие [1, С. 36 - 38].

В ходе эксперимента, проведенного нашей проектной группой, было рас-



смотрено влияние различных источников искусственного света на рост и развитие томатов черри, сорта - «Лукошко на окошке» и «Кнопка» [2, С.141 -144].

В таблице 1 представлены диапазоны основных цветов спектра световых излучений [3]:

Таблица 1 - Границы участков основных цветов спектра световых излучений

Диапазон длин волн видимого спектра, $\lambda$ , нм	Цвет излучения
380-450	Фиолетовый
450-480	Синий
480-510	Голубой
510-550	Зеленый
550-575	Жёлто-зеленый
575-585	Жёлтый
585-620	Оранжевый
620-770	Красный

Каждая из ламп имеет свой спектр излучения:

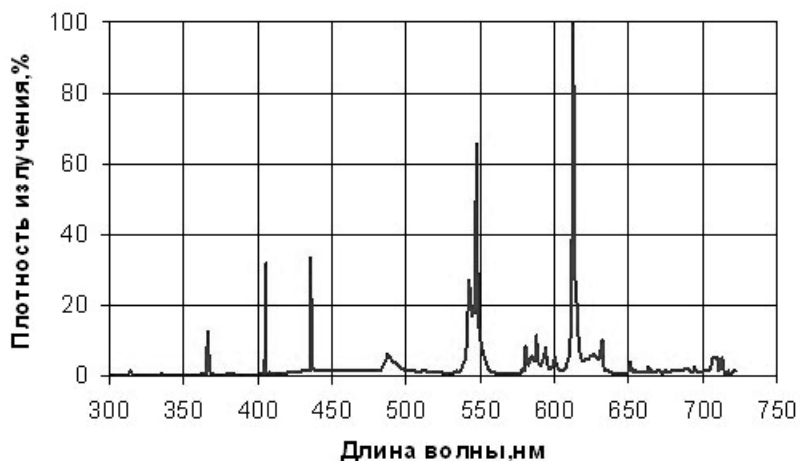


Рисунок 1 - Люминесцентная лампа

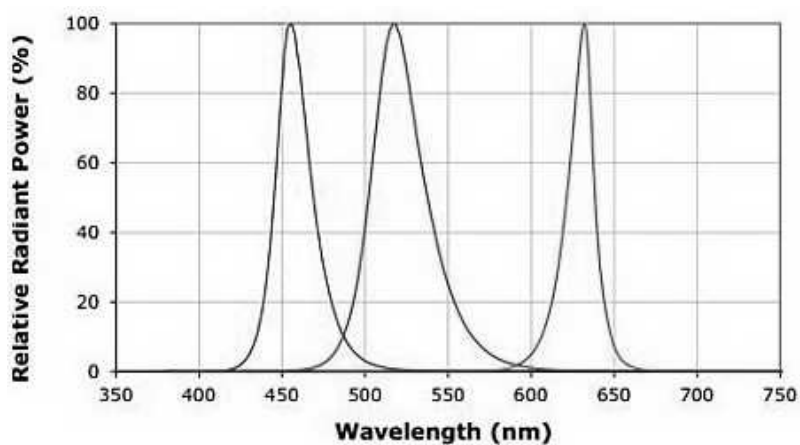


Рисунок 2 - RGB-светодиод

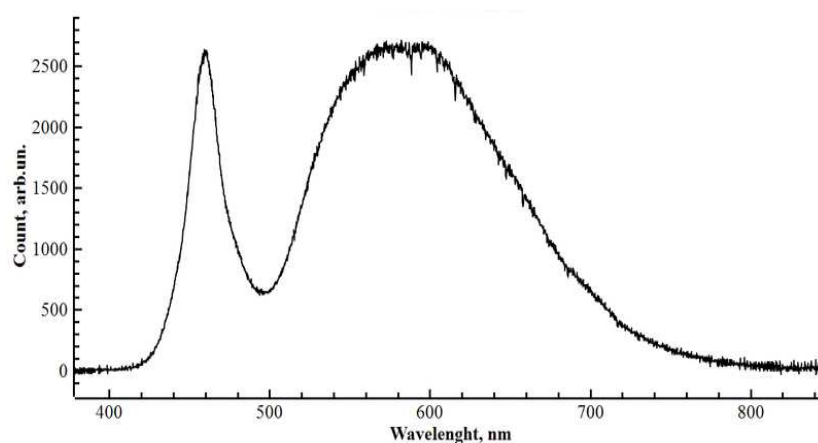


Рисунок 3 - Белый светодиод

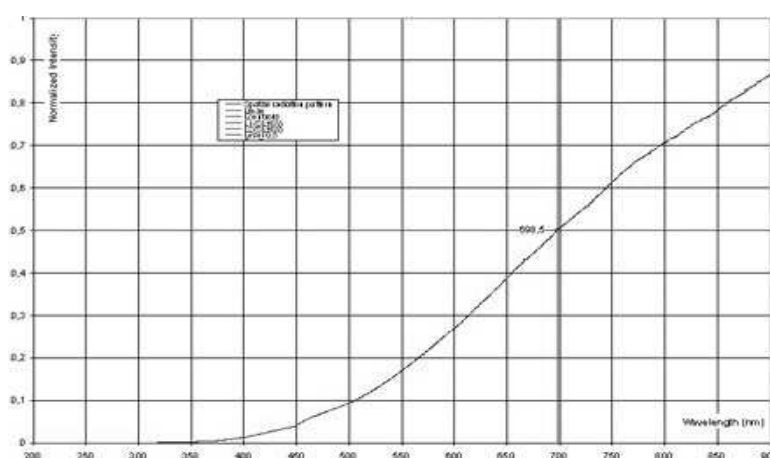


Рисунок 4 - Лампа накаливания

Семена томатов были высажены в 4 ящика, к каждому из ящиков после всхода семян были подведены источники света: люминесцентная лампа, светодиод белого цвета, светодиод красного и фиолетового (синего) цвета и лампа накаливания. В процессе эксперимента растения выставлялись под искусственное освещение ежедневно с 13.00 до 17.00.

Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели развития растений, выращенных при разных условиях досветки на заключительном этапе исследования

Показатели развития растений, выращенных при разных условиях досветки на заключительном этапе исследования									
Тип лампы	Количество исследуемых экземпляров	Высота растений				Размах листьев			
		Мин. знач., см	Макс. знач., см	Разница	Сред. знач., см	Мин. знач., см	Макс. знач., см	Разница	Сред. знач., см
Люминесцентная лампа	10	10	16	6	13,5	14	21	7	18

Окончание таблицы 2

Показатели развития растений, выращенных при разных условиях досветки на заключительном этапе исследования									
Тип лампы	Количество исследуемых экземпляров	Высота растений				Размах листьев			
		Мин. знач., см	Макс. знач., см	Разница	Сред. знач., см	Мин. знач., см	Макс. знач., см	Разница	Сред. знач., см
Белый светодиод	10	13	21	8	17,5	16	26	10	19,4
Красно-синий светодиод	10	9,5	13	3,5	11,5	12	15	3	14
Лампа накаливания	10	8	14	6	12	11	16	5	13,6

Из таблицы видно, что досветка белыми светодиодными лампами оказалась наиболее эффективной: наблюдаются наибольшие различия в индивидуальных параметрах растений, но средние значения по двум показателям роста и размаха листьев превышают таковые при остальных видах досветки и преобладают по этим параметрам на протяжении всего периода исследований, которые длились около 80 дней. Меньшие значения наблюдаются при досветке красно-синими светодиодами (по высоте растений), но растения, освещаемые ими, оказались самыми однородными по параметрам. Минимальные значения наблюдаются при освещении лампой накаливания (по показателю «размах листьев»). Растения, выращенные при освещении люминесцентной лампой, имеют средние показатели.

По данным исследований самым выгодным вариантом досветки томатов являются светодиоды белого цвета. Это может быть обусловлено тем, что спектр излучения светодиодов белого цвета превышает остальные по своему диапазону.

#### Библиографический список

1. Астафурова Т., Лукаш В., Гончаров А., Юрченко В. Фитотрон для светодиодной досветки растений в теплицах и на дому // Полупроводниковая светотехника.- 2010. – №3, С. 36-38.

2. Александрова С.Н., Кудайбергенова Ж.Д., Рыбакова А.А., Незнамова Е.Г. Влияние искусственного света на рост томатов // Наука и современность - 2014, Новосибирск, ХХІХ Международная научно-практическая конференция, 2014, С. 141-144.

3. Точка опоры – световые решения, проекты освещения. Осветительное оборудование, оценка цветопередачи источников света. Электронный ресурс: <http://www.k-to.ru/ru/interesting/obor/detail.php?ID=683>.

## **ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ФЕНОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА**

**Вдовыченко В.В., Реттих Н.Е., Бетц С.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Сомин В.А.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, e-mail: htie@mail.ru*

Работа посвящена получению сорбционных материалов на основе стеблей подсолнечника для очистки воды от фенолов. Определены кинетические, статические параметры сорбции. Произведена обработка изотерм сорбции на соответствие теории Лэнгмюра.

Ключевые слова: очистка воды, фенолы, сорбенты, отходы агропромышленного комплекса.

Актуальной в настоящее время является проблема загрязненности вод фенолами, которые являются достаточно распространенными загрязнениями поверхностных водных объектов. Сточные воды, содержащие фенолы, образуются на предприятиях нефтеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной промышленности и ряде других. Очистка таких стоков представляет собой сложную технологическую задачу, а выбор метода очистки определяется исходя из обеспечения высокой эффективности и экономической рентабельности. Поэтому в настоящее время необходимы исследования по разработке новых технологий, позволяющих эффективно извлекать загрязнения с минимальными затратами.

Физико-химические методы очистки воды, в частности, сорбция, позволяют наиболее полно удалить загрязнения до норм, удовлетворяющих условиям сброса в водоем. Но используемые в настоящее время сорбенты имеют высокую стоимость, поэтому возникает необходимость в поиске высокоэффективных и недорогих сорбентов, которые могут быть получены на основе отходов агропромышленного комплекса. Данные материалы могут с успехом использоваться для извлечения из воды самых разнообразных соединений, в том числе фенолов.

Объем посевных площадей подсолнечника в Алтайском крае составляет около 600 тыс. га. В среднем его растительная масса используется на 40%, остальное представляет собой отходы в виде стеблей, листьев, корней и т. д., которые могут быть использованы в качестве перспективного сырья для получения сорбентов. В АлтГТУ им И.И.Ползунова проводятся исследования, направленные на решение данных проблем, в частности, в качестве сорбента для очистки воды от фенолов предложено использовать стебли подсолнечника.

На первом этапе исследования были изучены кинетические параметры сорбции стеблей подсолнечника в нативной форме. Исследования проводились на модельных растворах фенола, концентрация которого определялась

фотоколориметрическим методом. Полученные данные представлены на рисунке 1.

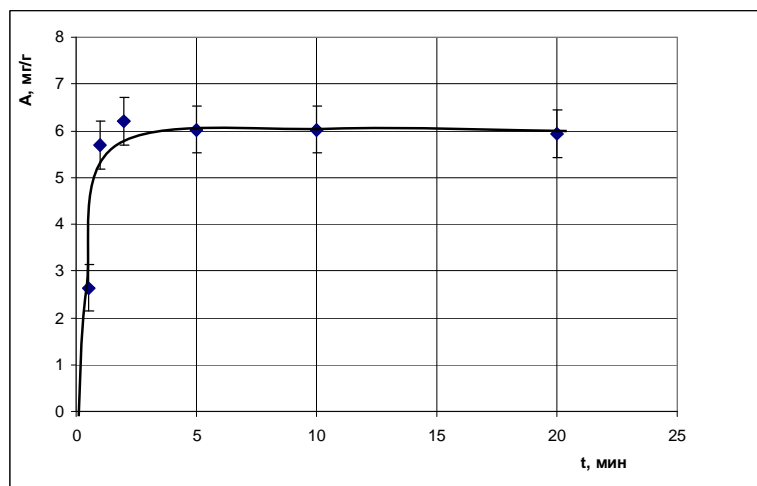


Рисунок 1 – Зависимость сорбционной емкости стеблей подсолнечника по фенолу (А) от времени (Т)

Из рисунка 1 видно, что период, в течение которого устанавливается сорбционное равновесие, составляет около 5 минут, что весьма мало и обуславливает непродолжительное время контакта загрязненных стоков с сорбентом.

На втором этапе были изучены статические характеристики сорбции фенолов на нативных формах и сердцевинах стеблей подсолнечника. Полученные данные представлены на рисунке 2. Из графика видно, что сорбционная емкость сердцевины (65 мг/г) больше, чем сорбционная емкость стеблей (42 мг/л). Таким образом, было решено дальнейшие исследования проводить с сердцевинами стеблей.

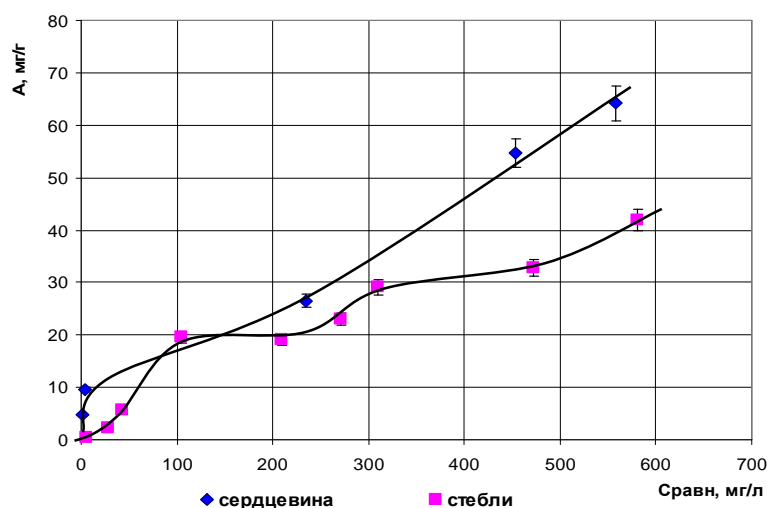


Рисунок 2 – Изотермы сорбции фенола на сердцевине и стеблях подсолнечника в нативных формах

Для увеличения сорбционной емкости сердцевины, ее было предложено модифицировать методом карбонизации при температуре 200 и 250°C в

течении 2-х часов. Далее, аналогично предыдущим опытам, на полученных материалах была определена статическая сорбционная емкость по фенолу. Было выявлено, что сорбционная емкость карбонизированных сердцевин, полученных при различных температурах, примерно сопоставима, при этом на материале, полученном при 250°С, она несколько выше и составляет 71 мг/г.

Для сравнения была изучена сорбция фенола анионитом АВ-17-8. Результаты представлены на рисунке 3. Как видно, в изучаемом диапазоне концентраций сорбционная емкость стеблей значительно (примерно в три раза) превосходит емкость анионита.

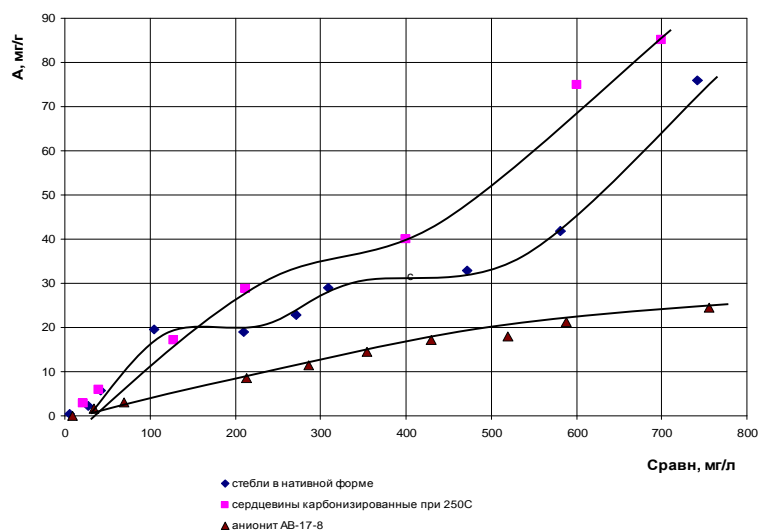


Рисунок 3 – Изотермы сорбции фенола различных материалах

Для оценки полученных изотерм сорбции на соответствие теории Лэнгмюра была проведена линеаризация полученных кривых. Как видно из рисунка 4, только для анионита отмечено достоверное описание полученных точек прямой.

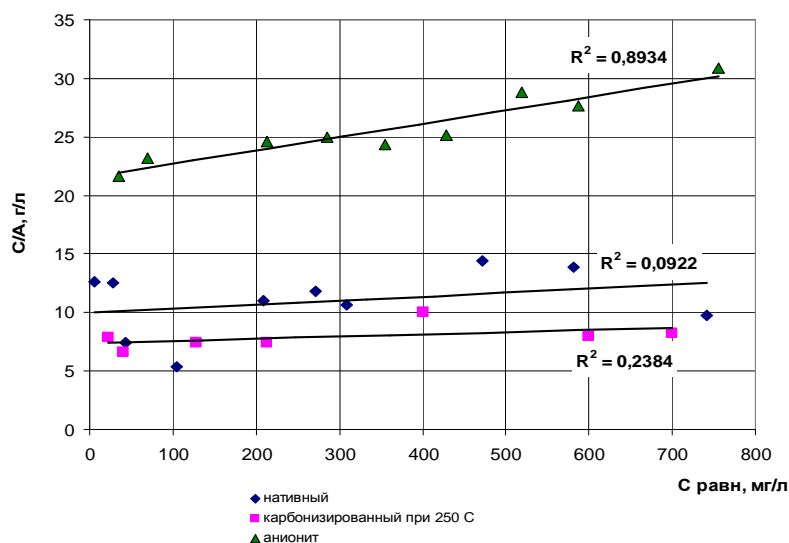


Рисунок 4 – Линеаризация кривых по теории Лэнгмюра

Кривые, характеризующие сорбцию фенола на стеблях подсолнечника, не соответствуют мономолекулярному характеру сорбции, о чем говорят соответствующие коэффициенты аппроксимации.

В ходе проделанной работы было установлено, что для очистки воды от фенолов может быть использован сорбционный материал на основе стеблей подсолнечника, при этом целесообразен поиск других способов модификации стеблей, в том числе реагентная обработка.

УДК 621.577

## **ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Павловская Е.Д., Татаринова Е.С.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: archimih@mail.ru*

Проанализированы перспективы использования низкопотенциальных источников энергии в угольной отрасли с помощью тепловых насосов.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, энергосбережение, низкопотенциальная энергия, тепловые насосы.

В настоящее время угледобывающая отрасль России находится в сложном экономическом положении, объективными причинами которого являются высокая себестоимость добычи угля, большие непроизводительные расходы и сложная экологическая ситуация в регионах добычи. Есть еще и субъективные причины, связанные с экономической ситуацией в стране и стратегией энергопотребления, ориентированной на преимущественное использование газообразного и жидкого топлива. Между тем, структура мировых запасов топлива такова, что в перспективе человечеству придется ориентироваться на использование твердого топлива - угля, запасы которого неизмеримо выше, чем жидкого и газообразного.

Достаточно большая часть непроизводительных расходов любого предприятия – теплообеспечение своих объектов, поэтому использование нетрадиционных источников энергии в этой области является очень перспективным направлением в энергосбережении.

Тепловой насос – термодинамическая установка, в которой теплота от низкопотенциального источника передается потребителю при более высокой температуре.

Источником низкопотенциальной тепловой энергии может быть тепло как естественного, так и искусственного происхождения. В качестве естественных источников низкопотенциального тепла могут быть использованы:

тепло земли (грунта); подземные воды (грунтовые, артезианские, термальные); наружный воздух. В качестве искусственных источников низкопотенциального тепла могут выступать: удаляемый вентиляционный воздух, сточные воды, промышленные сбросы, тепло технологических процессов, бытовые тепловыделения.

Предпосылками использования тепловых насосов в угольной промышленности является наличие огромных запасов возобновляемых источников энергии, к которым относится теплота шахтных вод, вентиляционных выбросов, хозяйственных стоков и породных отвалов, терриконов. Шахтами ежегодно сбрасывается в открытые водоемы около 2,4 млрд.куб.метров шахтных вод, из которых примерно половина являются нейтральными. Температурный режим шахтных вод определяется глубиной разработки на шахтном поле, технологией работ и зависит от времени года. Температура откачиваемой воды по различным шахтам составляет 11–30 °С.

С этими водами в окружающую среду сбрасывается более 50 млн. ГДж низкопотенциальной теплоты, которая может быть при определенных условиях утилизирована. Это низкопотенциальное тепло можно использовать для отопления административных зданий, цехов, жилых районов рядом с шахтами, экономя тем самым значительные средства и улучшая социально-экономическую ситуацию в регионе [1, 2].

Таким образом, тепловой насос представляется наиболее удачным путем реализации низкопотенциального тепла шахт.

Основные достоинства тепловых насосов:

*Экономичность.* Эффективность работы тепловых насосов оценивается коэффициентом преобразования тепла (КПТ), который показывает отношение получаемого тепла к затраченной энергии. Например, КПТ=3,5 означает, что, затратив 1кВт, на выходе получим 3,5кВт тепловой мощности.  
*Повсеместность применения.* Источники низкопотенциального существуют практически везде. При отсутствии электроэнергии для привода компрессора в некоторых моделях тепловых насосов используют дизельные или бензиновые двигатели.

*Экологичность.* Тепловой насос не сжигает топливо, поэтому не образуются вредные окислы, а применяемые в них фреоны не содержат хлоруглеродов и озонобезопасны.

*Безопасность.* Эти агрегаты практически взрыво- и пожаробезопасны.

Основным недостатком теплового насоса является обратная зависимость эффективности его работы от разницы температур между источником теплоты и потребителем. Это накладывает определенные ограничения на использование систем типа «воздух — вода». Системы, использующие геотермальный источник теплоты или теплоту грунтовых вод свободны от этого недостатка.

Принцип работы теплового насоса прост: как и в холодильнике, в тепловом насосе вместо продуктов охлаждается вода источника, а снятая теп-



ловая энергия не выбрасывается прямо в атмосферу, а греет в конденсаторе воду из системы отопления и горячего водоснабжения, причем источником для работы теплового насоса может служить любая проточная вода с температурой от +5 до +40° С.

В настоящее время существует целый ряд предпосылок для использования тепловых насосов в горнодобывающей отрасли. Так, отведение грунтовых вод для предотвращения затопления шахт при добыче угля является обычной практикой, например, в ОАО “УК “Прокопьевскуголь” каждое из 9 угледобывающих предприятий ежегодно откачивает на поверхность и сбрасывает в естественные водоемы от 400 до 7000 тыс.куб.м шахтной воды с температурой от 10 до 16 С. С этими водами в окружающей среде рассеивается огромное количество низкопотенциальной энергии, которая могла быть утилизирована. Однако ни в России, ни в в других странах нет опыта работы с такими технологиями.

С другой стороны, на многих шахтах существуют и с каждым годом обостряются проблемы обеспечения теплом. При работе изношенного оборудования, особенно в зимних условиях, подаваемый в шахту воздух не подогревается до требуемой температуры, возникают аварийные остановки вентиляторов главного проветривания, которые приводят к простоям шахты, потерям добычи угля, а для реконструкции котельной нет достаточных средств. При этом получение тепловой энергии традиционным способом (сжиганием твердого топлива) наносит непоправимый ущерб окружающей среде и создает неблагоприятную экологическую обстановку.

Некоторые предприятия и исследовательские организации горнорудного комплекса проводили плановые работы по использованию вторичных энергоресурсов. Еще в 1988 г., впервые в СССР, была разработана и внедрена технология утилизации тепла оборотной воды компрессоров на шахте “Ключевская” ПО “Кизелуголь” (Пермская область) с применением тепловых насосов. Московским заводом “Компрессор” на базе передвижной холодильной установки ПХУ-50 были изготовлены 2 машины, предназначенные для работы в режиме теплового насоса, которые в 1990 г. были смонтированы на компрессорной станции шахты “Ключевская” с целью охлаждения и утилизации теплоты оборотной воды. Испытания и процесс эксплуатации подтвердили экономическую целесообразность утилизации ранее сбрасываемого тепла и улучшение экологической обстановки на прилегающих территориях за счет снижения нагрузки на промышленные котельные. По результатам измерений, на 1 кВт-ч затраченной электроэнергии на привод теплового насоса получено 3-3,5 кВт-ч эквивалентной тепловой энергии.

В 1994 г. был разработан рабочий проект технологического комплекса утилизации низкопотенциального тепла шахтной воды для шахты “Зенковская” АО УК “Прокопьевскуголь” с применением тепловых насосов производства фирмы “Herco KUNLTECHNIK” (Германия). Данной теплонасосной установкой мощностью 2,4 мВт предполагалось покрывать круглогодичную

нагрузку горячего водоснабжения и базовую нагрузку отопления, но продолжения финансирования не последовало [3].

#### Библиографический список

1. Нечитайло О.Н. Утилизация тепла шахтных вод с применением тепловых насосов // КиЭМ, 2011, №4.

2. Электронные ресурсы/ Режим доступа: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php).

3. Электронные ресурсы/ Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-ispolzovaniya-teploty-shahtnyh-vod-dlya-nuzhd-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya>.

УДК 622.882

## ПРИМЕНЕНИЕ ГУМАТОВ В РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Соловьева Е.С.

**Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Lizavetss@mail.ru*

Дана экологическая оценка загрязненных территорий (хвостохранилище Абагурской агломерационной фабрики). Отмечены трудности по выживаемости деревьев на экспериментальных участках. Проанализированы результаты полевых опытов с применением гуматов в рекультивационных целях.

Ключевые слова: экологическая оценка, гуминовые препараты, рекультивация, плодородный слой, пестициды.

Загрязнение окружающей среды ядохимикатами, соединениями тяжелых металлов, выхлопными газами автотранспорта и токсичными выбросами промышленных предприятий, обладающими мутагенными и канцерогенными свойствами, представляет существенную опасность для живых организмов и их потомства. В больших городах эта проблема усложняется тем, что концентрированная техногенная нагрузка приводит к гибели зеленых насаждений, усугубляя опасность заражения.

Среди негативных техногенных изменений геологической среды особую опасность вызывает её загрязнение и ухудшение экологического состояния территорий в результате накопления на поверхности и в недрах Земли различных промышленных и бытовых отходов.

Перечень экологически вредных химических компонентов все более и более загрязняющих геологическую среду, постоянно увеличивается. Особое внимание должно быть обращено на ксенобиотики - вещества не собствен-

ные окружающей среде, чуждые биосфере, синтезированные человеком. В настоящее время в мире производится около 80 тыс. видов химических продуктов общим объемом около 300 млн. т в год.

Существует множество методов очистки окружающей среды от экотоксикантов: физические, сорбционные, химические и биологические [1].

Один из эффективных путей – активное применение для этих целей гуминовых препаратов.

На хвостохранилище Абагурской аглофабрики проводятся полевые исследования по рекультивации с помощью осадков сточных вод (ОСВ). Рекультивированный участок на сегодняшний день занимает площадь около 1 га.

Проблему создания устойчивого травяного покрова на ОСВ успешно решена. Однако появились трудности по выживаемости деревьев, они необходимы для подавления ветровой эрозии и накопления листового опада на поверхности.

Трудности обусловлены специфичностью минерального субстрата хвостохранилищ – хвостов магнитного обогащения железной руды и сильной дренированностью хвостохранилища. Вода в песчаных частицах хвостов удерживается всего лишь в пределах гравитационной влажности - 4% или чуть выше, но практически всегда ниже влажности завядания растений (ВЗ). При изменении режима влагообеспеченности из-за высокого содержания тяжелых металлов, других фитотоксичных элементов, в том числе пирита, на поверхности образуются высолы. При явном и постоянном дефиците влаги, многолетние травы составляет конкуренцию к высаженным деревьям (черенками или саженцами).

Опыт 1. В 2001г. был обнаружен массовый выход корней и появление корневой поросли тополя за отложениями ОСВ. Выход корней прослеживается на 9 –12 м от материнского дерева, удаляясь от которого они постепенно «поднимаются» к поверхности и разрастаются в плотную сеть корешков. Сам факт массового выхода корней за пределы ОСВ и появление поросли натолкнул на перспективность исследования упрощения технологии рекультивации за счет сокращения количества вносимых ОСВ и использования гуматов для повышения потенциального плодородия хвостов.

Опыт представляет собой фиксированную площадку размером 6 на 12 м и разделенную на 6 квадратов. Опытной площадкой охвачена большая часть корневой поросли. Площадка опыта расположена в стороне от отложений ОСВ на «чистых» хвостах.

На фиксированные делянки 3х3 м внесли гуматы с поливной водой однократно в рекомендованных дозах 0,5 и 1,0 г. на метр квадратный. Сокращение коммерческих названий аналогичное – ФС и ФФС. За лето просчитали высоту и количество корневой поросли до внесения и в конце вегетации после внесения гуматов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние гуматов на прирост корневой поросли тополя на хвостах обогащения

Фактор (вариант)	Доза гуматов, г/м <sup>2</sup>	В начале вегетации до внесения гуматов		К концу вегетации после внесения		Прирост, %	
		Высота, см	Количество, шт.	Высота, см	Количество, шт.	Высота, см	Количество, шт.
Контроль	0	47,1	20	67,2	12	+42,7	-40,0
	0	34,7	12	46,8	9	+34,9	-25,0
ФС	0,5	33,8	17	39,2	19	+16,0	+11,8
	1,0	36,0	12	43,9	13	+21,9	+8,3
ФФС	0,5	0	0	30,4	9	+100	+100
	1,0	26,2	7	32,0	5	+22,1	-28,6

Следует отметить, что этот полевой эксперимент нельзя считать чистым опытом. Поскольку корневая поросль все же связана между собой и с материнским деревом. В тоже время в «чистых» хвостах, не обладающих собственным плодородием, все растения очень хорошо отзываются на любое улучшение условий. И в нашем эксперименте поросль тополя дала больший прирост и в высоту, и по количеству, именно на делянках, где вносили гуматы.

На контрольной делянке поросль тополя выросла на 35 – 43%. Но уменьшилось их количество, на 25 – 40%. Часть мелких побегов просто засохла. Внесение гуматов ФС в дозе 0,5 г/м. кв. увеличило прирост на 16% в высоту и на 11,8% количество. Увеличение дозы ФС до 1,0 г/ м. кв. также дало прирост поросли до 21,9% в высоту и до 8,3% в количестве.

Влияние другой препаративной формы гуматов (ФФС) на прирост корневой поросли не совсем ясно. Изначально на делянках, где планировали внести ФФС, было меньше поросли. На фоне ФФС 0,5 вскоре после внесения поросль появилась. И за лето доросла до 30 см. На ФФС 1,0 прирост в высоту составил 22,1%, но уменьшилось количество с 7 до 5, на 28,6%. Так что подтверждается только общая тенденция на явный и положительный прирост корневой поросли от внесенных гуматов.

Опыт 2. Влияние гуматов на травяной покров изучали в отдельном опыте. ОСВ нанесли полосами шириной 1 м и засеяли кострцом.

Кострец к концу 2-го года жизни сформировал довольно густой травостой высотой 50-60 см практически в границах ОСВ. За границу ОСВ корневища кострца пока не ушли. Однако полегшая трава практически перекрыла межполосное пространство шириной 1,5 м. Проследить влияние гуматов на плотность травостоя и на его высоту, пока не удастся. Травостой еще молодой, а по опыту прошлых лет известно, что корни уходят за пределы ОСВ через 1-2 года. То есть изменения появятся со следующего года.

Поэтому есть смысл продолжить опыт, поскольку появляется уникальная возможность значительно удешевить технологию рекультивации. Внесение гуматов в качестве почвенного улучшителя плодородия, намного дешевле. Дополнительные 5-10 кг/га гуматов внести гораздо проще, нежели необходимые 700-1500 метров кубических ОСВ на гектар.

Опыт применения гуматов был использован при высадке ивы и тополя в ОСВ черенками. Выяснилось, что черенки тополя укоренились на 60% именно после обработки в растворе гуматов. В сравнении с контролем, где не укоренилось ни одного, 60% - неплохой результат.

Предварительное исследование включения гуматов фирмы БИО-БАН в технологии рекультивации показало явное положительное воздействие на растения. На фоне внесения гуматов увеличивается прирост корневой поросли тополя на хвостохранилище. В последующие годы можно будет оценить последствие гуматов. Предполагается продолжить исследования для оценки перспектив снижения затрат и повышения эффективности рекультивации промышленно нарушенных земель.

Благодаря применению гуматов предотвращается дальнейшая деградация почв, обеспечивается постепенное накопление и восстановление гумуса в почве, восстанавливается плодородие истощенных земель. Также они благотворно влияют и на структуру почвы, повышая газопроницаемость и показатели влагозадержания, снижая эрозию почвы.

Совместное применение гуматов с минеральными удобрениями и пестицидами в сельском хозяйстве позволяет сократить расход минеральных удобрений на 30 - 40%, пестицидов - на 20 - 30%, что также снижает техногенную нагрузку на окружающую среду.

#### Библиографический список

1. Электронные ресурсы/ Режим доступа: [http:// humate.ru/humates-for-remediation](http://humate.ru/humates-for-remediation).

УДК 662.74:504.064.47

## УТИЛИЗАЦИЯ ПЕКОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

**Соловьева Н.Ю.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Павлович Л.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: nadya.solowjewa2012@yandex.ru*

Исследованы состав, свойства пекосодержащих отходов КХП. Изучены свойства компонентов шихт, шихт и коксов и представлен состав шихты, рекомендованный для дальнейшей утилизации на коксование с целью улучшения прочностных характеристик кокса.

Ключевые слова: коксохимическое производство, пек, пекосодержа-

щие отходы, шихта на коксование, кокс.

Установлено, что в настоящее время в шихту утилизируется на типовых установка утилизации фусов и химических отходов около 0,25 % от шихты отходов химических цехов коксохимического производства. Результаты исследования свойств не утилизируемых пекосодержащих отходов коксохимического производства (КХП) ЗСМК представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика пекосодержащих отходов

Отходы	Периодичность выдачи	Кол-во, т/год	Агрное состояние	Плотность при 20° С, кг/м <sup>3</sup>	Температура, °С			Содержание, %					
					вспышки	воспл.	размягчения по «КиШ»	нафталина	фенолов	веществ, нерастворимых в толуоле/хинолине	воды/зола	летучих	Бенз [а]-пирена
Осадок из аммиачных колонн и хранилищ аммиачной воды	1 раз в неделю	70-80	Твердый	1240	240	300	70	50	-	40-50	1,3/0,7-1,3	60-70	Не определя
Осадок пека от транспортировки и хранения	1 раз в год (весна-лето)	160	Твердый	1464	220	260	70-90	отс	0,4	42-55/46-60	Следы/4-12	36-43	0,68

Избыточная аммиачная вода содержит: фенола 300 мг/л, роданидов до 600 мг/л, аммиака до 150 мг/л, смолы и масел до 50 мг/л. Из содержащихся в аммиачной воде смолистых веществ образуется твердый осадок типа пека с температурой размягчения 70 °С, с выходом летучих веществ 60 %. Осадок накапливается в гидрозаторах аммиачных колонн, еженедельно вручную из них удаляется и по мере накопления вывозится в отвал. Количество такого осадка ~70-80 т/год.

Осадки, образующиеся при транспортировании и хранении жидкого пека в смолотермическом цехе (СПЦ), выпадают в пекоприемниках и цистернах, удаляются вручную при чистке аппаратуры. Количество осадков составляет 160 тонн/год. Характеристика приведена в таблице 1.

Цель данной работы – исследование состава, свойств и утилизации в шихте на коксование пекосодержащих отходов КХП.

Работа проводилась в лабораторных условиях. Определялось оптимальное количество утилизируемых отходов КХП. Базовая и опытные шихты коксовались в лабораторной печи с загрузкой шихты 2 кг по ГОСТ 9521-74.

Свойства компонентов шихт, шихт и коксов изучались следующими методами: технический анализ (ГОСТы – 11014-81, 27589-91, 11022-95,

6382-91, 8606-93, 7846-73, 9951-73); пластометрия (ГОСТ 1186-87); структурная и механическая прочность коксов (ГОСТы 9521-74, 28946-91); температура размягчения (ГОСТ 9950 - 83); кажущаяся плотность (ГОСТ 25927-95), определение веществ, нерастворимых в толуоле (ГОСТ 7847-73) и хинолине (ГОСТ 10200 - 83); реакционная способность коксов (ГОСТ 10089 - 89).

При составлении угольных шихт соотношение осадков из аммиачных колонн и осадков пека составляло 1:1 при подаче в шихту отходов 5 - 10 %.

Таблица 2 – Качество шихты и лабораторного кокса с пекосодержащими отходами

Вариан- ты	Шихта							Кокс				
	состав, %			свойства				свойства, %				
	ГЖ	концен траг ЗСМК	отхо ды	A <sub>d</sub> , %	V <sub>d</sub> , %	Y <sub>фак</sub> , мм	Y <sub>рас</sub> , мм	A <sub>d</sub>	П <sub>25</sub>	П <sub>10</sub>	П <sub>С</sub>	-10 мм
базовый	42	58	-	9,4	25,4	15	16,1	12,2	91,5	7,3	84,1	3,5
1	42	53	5	9,2	26,8	16	15,7	11,8	91,4	7,4	83,0	3,8
2	42	48	10	9,2	27,9	18	15,2	11,6	90,5	8,0	83,1	3,5
3	42	55	5	9,3	26,6	19	15,4	11,9	92,7	6,5	85,4	3,8

Качество лабораторной шихты (таблица 2) указывало на существенное изменение свойств при добавлении отходов химцехов: показатели зольности (A<sub>d</sub>) и выхода летучих веществ (V<sub>d</sub>) шихты менялись в соответствии со свойствами компонентов (таблица 3) и марочного состава, по-иному происходило изменение показателя толщины пластического слоя (Y<sub>фак</sub>, Y<sub>рас</sub>).

При добавлении пекосодержащих отходов происходило повышение выхода летучих веществ и спекаемость шихты. Хотя расчетная величина “Y” шихты без учета химотходов снижалась (определение “Y” химотходов не представляется возможным, ввиду низкой температурой размягчения), фактически происходило повышение толщины пластического слоя. Это дает основание предположить, что вышеназванные отходы играют роль связующих [2,3] и улучшают коксуюемость шихты. Подтверждение тому – улучшение прочностных свойств кокса для состава шихты: ГЖ – 40 %, концентрат ЗСМК – 55 %, химотходы – 5 %. Этот вариант можно считать оптимальным и рекомендовать к внедрению при принятом марочном составе шихты и спекаемости компонентов (ГЖ-У=26 мм, концентрат ЗСМК-У=10 мм). Учитывая малое количество отходов (~ 0,0005 % к шихте) целесообразно периодически вводить в шихту на коксование в пределах 1 % от количества коксующей шихты.

Таблица 3 - Свойства компонентов рекомендуемых шихт с пекосодержащими отходами

Наименование компонентов	Свойства,						Кажущаяся плотность кг/дм <sup>3</sup>	Температура размягчения, °С
	Ad, %	Vdaf, %	веществ, нераствор. в толуоле, %	веществ, нераствор. в хинолине, %	X, мм	Y, мм		
Концентрат ЦОФ ЗСМК (ОС+КС)	10,1	19,9	-	-	35	10	1,430	-
Концентрат ЦОФ Кузнецкая (ГЖ)	8,1	38,1	-	-	27	26	1,380	-
Пекосодержащие отходы с аммиачных колонн	3,5	68,3	40,0	11,5	-	-	1,118	70
Пековые отходы СПЦ	6,2	38,8	48,8	36,0	-	-	1,464	82

Оптимальный кокс в сравнении с базовым имел лучшие показатели по зольности, механической и структурной прочности: Ad (-0,3%), П25 (+1,0 %), П10 (-1,2 %), ПС (+1,3 %).

Таким образом, можно сделать вывод, что пек с аммиачных колонн и с пековых отстойников обладает связующими свойствами и при добавлении в угольную шихту улучшает прочностные свойства кокса.

#### Библиографический список

1. Лупенко В.Г., Павлович Л.Б. Управление отходами «Евраз-Кокс-Сибирь»//Сб. докладов III международной конференции «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе. СибГИУ. Новокузнецк.- 2010.– С. 297-305.

2. Салтанов А.В. Утилизация углесодержащих отходов в процессе высокотемпературного пиролиза каменного угля: спекающие и обмасливающие присадки / А.В. Салтанов, Л.Б. Павлович, Б.Ф. Пьянков и др. // Кокс и химия, № 4, 2002.– С. 17 - 25.

3. Салтанов А.В. Утилизация углесодержащих отходов в процессе высокотемпературного пиролиза каменного угля. Отощающие присадки/ А.В. Салтанов, Л.Б. Павлович, Б.Ф. Пьянков и др. // Кокс и химия, № 3, 2002.- С. 38-42.



## **ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ВОДООЧИСТКИ И ВОДОПОДГОТОВКИ ИЗ СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА**

**Богаев А.В., Горелова О.М.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Комарова Л.Ф.**

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, e-mail: htie@mail.ru*

Скорлупа кедрового ореха является отходом производства и может быть использована при получении сорбционных материалов для очистки воды. В работе рассмотрены способы получения активированных углей из скорлупы путем химической активации растворами фосфорной кислоты, гидроксидов натрия и калия, изучены сорбционные свойства полученных материалов.

Ключевые слова: карбонизация, адсорбция, активированный уголь, очистка воды, ионы тяжелых металлов.

Вода, потребляемая как в промышленности, так и в быту должна соответствовать по показателям нормативам качества. Вода поверхностных источников Алтайского края не соответствует гигиеническим требованиям по содержанию нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов и других примесей. В связи с этим, водопользование зачастую требует предварительной очистки воды, что сопряжено с определенными затратами.

В природных водоемах имеются естественные механизмы очистки воды за счет сорбции примесей придонным слоем, разложения органических загрязнений микроорганизмами, но они будут эффективными при существенном уменьшении сбросов загрязняющих веществ.

Охрана и рациональное использование водных ресурсов предполагает разработку новых технологических процессов, позволяющих предотвратить загрязнение водоемов, и свести к минимуму потребление свежей воды. Создание на предприятиях систем оборотного водоснабжения, очистка сточных вод на локальных очистных сооружениях перед выпуском в водный объект значительно снизят воздействие на гидросферу.

В практике водоочистки и водоподготовки может быть использована адсорбционная очистка с использованием активированных углей - адсорбентов с пористой структурой и развитой неполярной поверхностью. Угли хорошо сорбируют органические вещества: растворители (углеводороды, их галогенпроизводные, простые и сложные эфиры и др.), красители, нефтепродукты и т.д. Современные исследования в изучении свойств активированных углей показывают их способность сорбировать ионы тяжелых металлов.

В Алтайском крае перспективным сырьем для производства сорбента может быть скорлупа кедрового ореха.

Данная работа посвящена получению конкурентоспособных сорбентов на основе скорлупы кедровых орехов, изучению их статической и динамической емкостей и разработке технологии очистки воды с использованием полученных сорбционных материалов.

Химическая активация углей проводилась растворами гидроксида натрия, гидроксида калия, фосфорной кислоты.

Пропитанную активирующим раствором и высушенную скорлупу помещали в лабораторный трубчатый реактор карбонизации-активации, снабженный электрообогревом и узлом автоматического регулирования температуры. Прогрев материала производили до температуры 500 °С. После охлаждения реактора, уголь выгружали и промывали дистиллированной водой для удаления агента активации.

Для полученных образцов угля по стандартным методикам были определены адсорбционная активность по йоду (микропоры), влажность, прочность и насыпная плотность. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Предварительно были проведены эксперименты по определению оптимальной температуры процесса активации в диапазоне 350-800 °С. Для углей, полученных при разных температурах из приведенного интервала, определяли адсорбционную активность по йоду. Было установлено, что повышение температуры процесса от 350 °С до 500 °С заметно повышает адсорбционную активность, а дальнейшее наращивание температуры влияет в меньшей степени.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика активных углей

Свойство сорбента	Вид активного угля		
	уголь из скорлупы, обработанной раствором H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	уголь из скорлупы, модифицированной КОН	уголь из скорлупы, модифицированной NaOH
Адсорбционная активность по йоду, %	5,7	12,6	17,1
Прочность, %	89	54	62
Влажность, % масс.	1,9	2,2	2,4
Зольность, % масс.	1,9	2,0	2,0

Уголь, активированный фосфорной кислотой, обладает относительно высокой прочностью, но при этом проявляет низкую активность. При активации щелочами адсорбционная активность по йоду более высокая, но прочность существенно ниже.

Полученные угли были опробованы для поглощения ионов меди из водного раствора. Статическая емкость для угля, активированного фосфорной кислотой не превышала 10 мг-экв./г, но для угля, полученного с помо-

щью гидроксида натрия, достигала 28 мг-экв./г.

Проведенные исследования показали, что использование сорбентов на основе скорлупы кедровых орехов в технологиях водоочистки целесообразно и решает одновременно две задачи – защиту гидросферы и утилизацию отхода.

УДК 662.74:628.56

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОГО ЦЕХА**

**Осокина А.А.**

**Научный руководитель д-р. тех. наук, профессор Павлович Л.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: osokina.alina@inbox.ru*

Проведена оценка экологического риска от выбросов в атмосферу углебогатительного цеха ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Суммарный риск по цеху составил 67,8%.

Ключевые слова: источники выбросов; неканцерогенные, канцерогенные вещества; экологический риск.

В связи с вступлением в ВТО, где контроль окружающей среды осуществляется согласно стандартам ISO 14000 с использованием экологического менеджмента, техносферная безопасность определяется рисками, появляется необходимость в их расчете. Риск - это мера опасности. Риски классифицируются: индивидуальный, технический, экологический, социальный, экономический и др. Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушение дальнейшего нормального функционирования, существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Источником экологического риска наряду с вышеприведенными причинами также может быть техногенное воздействие - загрязнение отходами производства: водоемов, почвы и атмосферного воздуха [1]. Экологический риск может иметь количественное выражение. Для нормирования загрязнений окружающей среды с целью практически полной защиты здоровья человека от загрязнений предлагается внедрение концепции риска, которая лежит в основе государственной политики США 80-х гг. прошлого века [2, 3].

Целью работы является изучение экологического риска выбросов от производственной деятельности углебогатительного цеха.

Оценка риска для здоровья проводилась в 2 этапа согласно «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (Р 2.2.1766-63) по следующему алгоритму, приведенному в [4]. На первом этапе выполнен расчет максимальных приземных концентраций  $C_{\max}$  соглас-

но «Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [5] с использованием отчетной формы 2ТП-воздух (2011г) [6]. На втором этапе проводился непосредственно расчет экологических рисков. Далее сравнивали полученные результаты с установленными приемлемыми значениями риска: для неканцерогенных веществ – 0,02, для канцерогенных веществ –  $1 \cdot 10^{-3}$  [7,8].

Результаты расчета экологического риска представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Экологический риск от выбросов в атмосферу углебогатительного цеха

Источник выбросов	Число источников, шт.	Высота источников, м	Наименование выбросов	Выбросы, т/год	Risk	Уровень Risk, превышение приемлемого
Сушильные барабаны 1-10	1	45	Каменно-угольная пыль	163,42	0,00041	Низкий
			Оксид углерода	127,277	0,000007	Низкий
			Диоксид серы	3,413	0,00025	Низкий
			Оксид азота	0,444	0,0000008	Низкий
			Диоксид азота	2,730	0,0000023	Низкий
Резервуары керосина, ут. сп.	5	2	Керосин	0,005	0,016	Низкий
Бункера отгрузки концента, АС-37-42,9	7	13	Пыль	23,943	0,014	Низкий
Бункера флотоконцентрата. АС-3-5	5	18	Пыль	10,8	0,0016	Низкий
Закрытый склад угля АС-6-7	2	32	Пыль	8,829	0,078	Высокий, в 3,9 раза
Перегрузочные узлы АС-1,2,8	3	6	Пыль	13,849	0,64	Очень высокий, в 32,0 раза
ИТОГО:	23			354,785	0,678	
Суммарный Risk по цеху неканцерогенных веществ						Высокий, в 33,9 раза

Углеобогащительный цех имеет 23 организованных источника выбросов. Выбросы загрязняющих веществ – неканцерогенные. Приемлемый риск (менее 0,02) дали 27 источников (78,3%), источник (закрытый склад угля АС-6-7) имел высокий уровень риска – превышение допустимого уровня в 3,9 раза, источник (перегрузочные узлы АС 1, 2, 8) имел очень высокий уровень риска – превышение риска в 32 раза. Суммарный риск по цеху составил 0,678 (67,8%).

Источники с высоким и очень высоким уровнем экологического риска имеют высоту дымовой трубы, соответственно, 32м и 6м. Величина рисков зависит от количества выбросов и от высоты дымовой трубы. Поэтому снижение экологического риска возможно увеличением высоты дымовой трубы на источниках, имеющих превышение уровня риска, до 45м.

Таким образом, расчет экологических рисков наглядно показывает, что с помощью малозатратной технологии – увеличение высоты дымовой трубы – можно достичь нормальных условий труда на рабочих местах.

#### Библиографический список.

1. Анализ и оценка риска производственной деятельности: Учеб. пособие / П.П. Кукин, В.Н. Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И. Сердюк. – М.: Абрис, 2012.- 327 с.
2. Авалиани С.Л., Андрианов М.М., Печенников Е.В. и др. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт). – М.: Консультационный центр по оценке риска здоровью.- 1996.- 159 с.
3. Ларсон Б., Голуб А.А. Основные положения методических рекомендаций по анализу эффективности мероприятий по охране атмосферного воздуха на основе расчёта затрат на сокращение риска.- М.- 1997.- 22 с.
4. Осокина А.А., Павлович Л.Б., В.Г. Лупенко, Оценка экологического риска от загрязнения атмосферного воздуха при выдаче кокса // Вестник СибГИУ, №2, 2012.–С.46 - 49.
5. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – М. – Ленинград: Гидрометеиздат.- 1987.- 97 с.
6. Бланк инвентаризации источников загрязнения атмосферного воздуха промплощадки ОАО ЗСМК. Новокузнецк,- 2011.- 53 с.
7. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИЭЧиГОС.- 2002.- 408 с.
8. Щербо А.П., Киселёв А.В., Негриенко К.В. и др. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска. – СПб.- 2002.- 376 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП

**Холматова А.Д., Койнов С.А.**

**Научный руководитель: Стрелковская О.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изложены экологические проблемы использования и утилизации энергосберегающих ламп.

Ключевые слова: энергосберегающие лампы, энергоресурсы, ртуть, утилизация, негативные последствия.

В начале нового тысячелетия перед человечеством встала проблема рационального использования энергоресурсов. Для частичного решения этой проблемы Правительство РФ приняло закон, который ограничивает использование традиционных ламп накаливания и предусматривает их поэтапную замену энергосберегающими лампами.

По своим светотехническим параметрам энергосберегающие лампы, безусловно, превосходят лампы накаливания, а так же являются более экономичными. Но широкое внедрение в нашу жизнь энергосберегающих ламп ставит перед обществом целый ряд экологических проблем, которые необходимо решать уже сегодня. В противном случае последствия для окружающей среды могут быть очень тяжелыми.

Согласно техническим документам, в лампе дневного света ЛБ-80 содержится от 20 до 80 мг ртути, примерно столько же в компактных энергосберегающих лампах. Ртуть относится к первому классу опасности, может вызывать серьезные отравления, поэтому попадание ее в окружающую среду недопустимо. Однако, на сегодняшний день в Кузбассе отсутствуют предприятия по утилизации ртутных отходов, а на всю Кемеровскую область с населением 3,3 млн. чел. имеется только 4 пункта приема отработавших энергосберегающих ламп. Большинство жителей области просто выбрасывает отработавшие лампы в мусорное ведро, мало задумываясь о последствиях. Это подтверждают и результаты опроса, проведенного среди молодежи г. Прокопьевска, которые приводятся в таблице 1.

Таблица 1- Способы утилизации энергосберегающих ламп

%	Способы утилизации			
	Выбросить в мусорное ведро	Выбросить в контейнер вне дома	Сдать в пункт приема	Затрудняются ответить
	40	23,3	3,3	6,6

Помимо способов, представленных в материалах исследований 1,33 % респондентов хранят отработавшие энергосберегающие лампы, чтобы в будущем сдать на утилизацию, а 20% не нуждаются в утилизации.

Данные об использовании осветительных приборов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные об использовании осветительных приборов

% опрошенных	Осветительные приборы		
	Лампы накаливания	Энергосберегающие лампы	Светодиодные светильники
	83	80	10

Как видно из таблицы, большая часть населения уже использует для освещения энергосберегающие лампы, но вместе с тем, мало задумывается об угрозе здоровью. В результате опроса установлено, что все симптомы отравления ртутью не указал никто, 26,6% отметили возможность головокружения, 23,3% тошноту, 3,3% покраснение лица, 01% опрошенных указали неверные симптомы, такие как температура, ожоги, высыпание сыпи, а 40% респондентов не дали никакого ответа. Таким образом, население мало информировано о возможных негативных последствиях от использования энергосберегающих ламп.

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать основные мероприятия, направленные на уменьшение негативных последствий от использования энергосберегающих ламп.

1. На упаковке от энергосберегающих ламп прописать основные симптомы отравления ртутью и правила поведения для случая, если лампа разбилась в помещении.

2. В каждом пункте продаж организовать бесплатный пункт приема отработавших энергосберегающих ламп на утилизацию.

3. Каждую энергосберегающую лампу помещать в контейнер во избежание ее повреждений при транспортировке.

4. Не применять энергосберегающие лампы в местах, где повышен риск разгерметизации (спортивные залы, игровые площадки и т.д.)

5. Заменить по возможности энергосберегающие лампы на светодиодные светильники, как более безопасные для экологии.

Безусловно, данные мероприятия не позволяют полностью защитить окружающую среду от вредных отходов, содержащих ртуть, но способны существенно уменьшить негативные последствия для человека и окружающей среды.

#### Библиографический список

1. Лавров С.Б. Глобальные проблемы современности: часть 1. – СПб.: СПбГУПМ, 1993.- 72 с.

2. Ерофеев Б.В. Экологическое право России: Учебник.- М.: Юристъ, 1996.- 624 с.

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В СТАЛЕПЛАВИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ «ЕВРАЗ», ОАО «ЗСМК»**

**Зеневич А.В.**

**Научный руководитель: Стрелковская О.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изложены проблемы обеспечения безопасности в сталеплавильных цехах «ЕВРАЗ» ОАО «ЗСМК»

Ключевые слова: охрана труда, безопасность, травматизм, опасные и вредные производственные факторы, профилактические мероприятия.

«ЕВРАЗ» – международная вертикально-интегрированная компания. Активы ЕВРАЗа задействованы в горнодобывающей и металлургической промышленности, где сталкиваются с различными рисками. Охрана труда и безопасность сотрудников для ЕВРАЗа имеет первостепенное значение. Металлургическая отрасль подразумевает неизбежные риски, которые требуют эффективного управления с целью обеспечения безопасной рабочей среды. Благодаря слаженной и эффективной работе всех сотрудников, а также за счет реализации в «Евразе» политики в области охраны труда и промышленной безопасности, снизился уровень тяжелого травматизма.

Для сталеплавильного производства характерны такие опасные и вредные факторы как: высокая температура, повышенный уровень шума (до 90 дБА); опасность травмирования движущимися машинами и механизмами; передвигающиеся или перемещаемые изделия, заготовки и материалы; термодинамический шум технологического процесса; опасность ожогов при воздействии открытого пламени; взрывы и выбросы металла и шлака при прогарах ковшей, фурм, опасность поражения электрическим током напряжением до 380 В; выбросы бурого дыма в атмосферу цеха при повалке конвертера и сливе металла в сталеразливочный ковш.

Условия работы в таком цехе способствуют возникновению общих и профессиональных заболеваний: простудных, желудочно-кишечных, поясничных остеохондрозов, ангины. Интенсивный шум на производстве затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев.

Опасным является нахождение обслуживающего персонала вблизи работающего конвертера из-за возможных самопроизвольных выбросов шлака и металла при продувке, загрузке в конвертер влажных сыпучих материалов, при сливе металла в сырой сталеразливочный ковш или шлака в шлаковую чашу с водой, загрузке сырых ферросплавов, загрузке в конвертер лома, содержащего взрывчатые вещества. Возможны взрывы при заливке чугуна на



лом содержащий снег, лед, закрытые сосуды, при прогаре фурмы и в результате этого попадания воды в конвертер. Могут возникнуть ожоги при повалке конвертера в результате сильного теплового излучения из горловины конвертера.

Большое значение для уменьшения воздействия негативных факторов имеют мероприятия, проводимые в цехах.

Так, например, для оповещения о нарушениях технологического режима предусмотрена сигнализация с блокировкой, срабатывающая в следующих аварийных ситуациях: предельном снижении давления кислорода и воды, охлаждающей фурму; повышенном перепаде температуры воды на охлаждение фурмы; неисправности дымососов и т.д.

У конвертера со стороны повалки находится защитная передвижная футерованная телега, которая служит для защиты обслуживающего персонала от выплесков металла и шлака из горловины и сильного теплового излучения при взятии пробы и замера температуры.

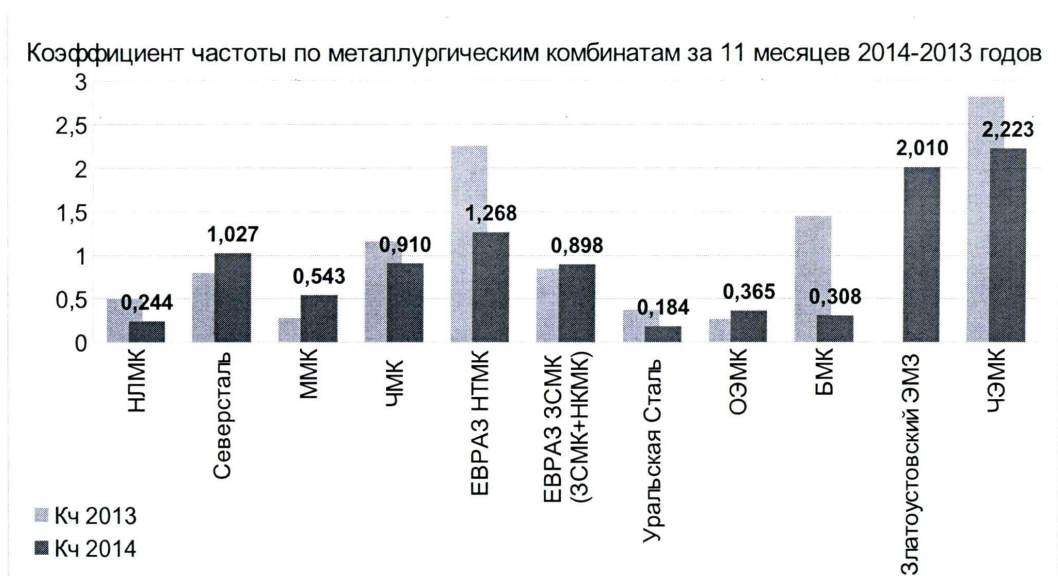
В конвертерном отделении выполняются мероприятия по электробезопасности:

- недоступное расположение токоведущих частей, таких как токопроводящие шины и «короткая сеть»;
- надежная изоляция всех элементов проводки; применение малого напряжения подаваемого на нагревательные электроды, порядка 150В при напряжении 35кВ;
- использование блокировок, отключающих напряжение при открытой двери трансформаторного помещения;
- все металлические элементы конструкции на установке «Конвертер» заземлены.

Для защиты рабочих от шума все встроенные помещения звукоизолированы, для этого стены и потолки облицовывают звукопоглощающими материалами, окна выполнены с двойными стеклами и упругими прокладками по контуру, для снижения уровня шума до величины ПДУ.

Профилактические мероприятия - важная часть совершенствования системы охраны труда и промышленной безопасности на предприятиях «Евраз». Все работники ОАО «ЗСМК» ежегодно проходят профилактические медицинский и флюорографический осмотры, вакцинацию и витаминизацию. Для сотрудников организовано лечебно-профилактическое питание, обеспечение молоком и другими равноценными пищевыми продуктами, а также медицинское обслуживание. Кроме того, сотрудникам предоставляется возможность льготного приобретения путевок для прохождения санаторно-курортного лечения.

Все проводимые мероприятия дают свои результаты, и в сравнении с другими металлургическими предприятиями постоянно отмечается положительная динамика. В качестве примера можно рассмотреть график частоты травматизма (рисунок 1).



Коэффициент частоты Кч за 11 месяцев 2014 и 2013 годов по металлургическим комбинатам

Рисунок 1 – Коэффициент частоты Кч за 11 месяцев 2014 и 2013 годов по металлургическим комбинатам

Проводимые «Евразом» мероприятия позволяют постоянно повышать эффективность охраны труда и промышленной безопасности. Так, за последние десять лет уровень производственного травматизма на Западно-Сибирском металлургическом комбинате снизился в 2 раза, а уровень профессиональной заболеваемости – в 4 раза.

#### Библиографический список

1. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учебное пособие / П.П. Кукин., В.Л. Лапин - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа; 2002.- 319 с.
2. Электронные ресурсы/ Режим доступа: <http://www.zsmk.ru/news.jsp>.

УДК 574.24

## УСТАНОВЛЕНИЕ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ДЛЯ ООО «ИК ЭНЕРГОСТРОЙ» МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

**Илюшина Е. В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Громова О.Б.**

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)  
г. Москва, e-mail: ashpina@mail.ru*

Исследовано токсическое воздействие водной вытяжки смета от уборки предприятия ООО «ИК ЭнергоСтрой» на тест-объекты *Daphnia magna* Straus и *Scenedesmus quadricauda*. На основании полученных эксперимен-

тальных данных подтвержден класс опасности данного отхода.

Ключевые слова: тест-объект, класс опасности отходов, биотестирование.

Основным документом, определяющим отнесение вредных веществ к определенному классу опасности, является Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 15 июня 2001 г. № 511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». Класс опасности отходов устанавливается по степени возможного вредного воздействия на окружающую среду при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее в соответствии с показателем степени опасности, рассчитываемым по сумме показателей опасности компонентов отхода ( $K_i$ ) [1]. Перечень компонентов отхода и их количественное содержание устанавливаются по составу исходного сырья и технологическим процессам его переработки или по результатам количественного химического анализа.

Отнесение отходов к тому или иному классу опасности важно не только с экологической, но и с экономической точки зрения, так как класс опасности является основным показателем определяющим сумму платы за негативное воздействие на окружающую природную среду. Поэтому по желанию заинтересованной стороны класс опасности отходов, полученный расчетным методом, может быть уточнен или подтвержден экспериментально методом биотестирования.

В данной работе проводилось биотестирование водной вытяжки смета от уборки территории предприятия ООО «ИК ЭнергоСтрой», занимающегося производством щитового оборудования, проектированием систем электроснабжения и пуско-наладкой изготавливаемого оборудования.

Данный отход согласно расчетному методу ( $K_i = 9,85$ ) относится к пятому классу опасности, однако ему присвоен класс опасности выше, так как отсутствует экспериментальное подтверждение.

При биотестировании для подтверждения отнесения отхода к пятому классу опасности для ОПС, установленного расчетным методом, исследуется водная вытяжка без разведения. Класс опасности устанавливается по кратности разведения водной вытяжки, при которой не выявлено воздействие отходов на гидробионты в соответствии с диапазонами кратности разведения.

При определении класса опасности отхода с помощью метода биотестирования водной вытяжки используют не менее двух тест-объектов из разных систематических групп (дафний и инфузории, цериодафнии и бактерии или водоросли и т. п.). За окончательный результат принимается класс опасности, выявленный на тест-объекте, проявившем более высокую чувствительность. В качестве тест-объектов были выбраны *Daphnia magna* и *Scenedesmus quadricauda*. Контрольным показателем для определения класса опасности отходов служили смертность дафний и снижение численности клеток водорослей [2].

Культуру дафний выращивали в помещении, не содержащем токсиче-

ских паров или газов. Оптимальная температура для культивирования дафний и биотестирования составляла  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , освещенность 400-600 лк. Дафний кормили культурой зеленых прото-кокковых водорослей *Scenedesmus quadricauda*. Для биотестирования использовали альгологически чистую культуру водорослей *Scenedesmus quadricauda*, находящуюся в экспоненциальной стадии роста – через 5-7 суток после посева. Температура в люминостате поддерживалась в пределах от  $+22^\circ\text{C}$  до  $+25^\circ\text{C}$ , освещенность – 3000-10000 лк, световой период - 24 ч.

Водную вытяжку из отходов готовили из соотношения твердая фаза: жидкость равного 1:10. В качестве жидкости для опыта с дафниями использовали отстойную воду, с водорослями – дистиллированную. Колбы с водной вытяжкой помещали на встряхиватель на 8 ч.

Проба смета отбиралась из контейнеров в нескольких горизонтах по диагонали с таким расчетом, чтобы она представляла собой типичную часть отхода. Объединенная проба составлялась путем смешивания точечных проб (не менее 5), отобранных на одной площадке (из одной емкости). Пробу тщательно перемешивали перекачиванием на гладкой, гибкой и плотной подстилке, затем – совком. Для пробоподготовки требуется 2,5 кг отхода. Общий объем отобранной пробы делили на представительные половины, одну из частей возвращали в сосуд для хранения, оставшуюся часть разрыхляли и тщательно просматривали. В случае обнаружения частиц более 10 мм, их осторожно измельчали с помощью металлического шпателя до размера менее 10 мм, так как механически размалывать смесь недопустимо. Затем пробу высушивали до воздушно-сухого состояния, после этого пробу сокращали в 3 - 4 раза. Тщательно перемешанную пробу разравнивали на гладкой ровной поверхности и с помощью специальной решетки делили на равные квадраты. Затем из квадратов в шахматном порядке отбирали порции, обеспечивая захват всей толщины слоя, и объединяя порции в пробу с минимальной абсолютно-сухой массой 200 г представительной пробы, которую делили на две части и использовали для приготовления водной вытяжки.

Эксперимент проводился в течение 96 часов, каждые 24 часа фиксировалась жизнеспособность дафний. Острое токсическое действие вытяжки на дафний определяли по их летальности за определенный период экспозиции. Определение токсичности каждой пробы без разбавления проводили в трех параллельных сериях. В качестве контроля использовали три параллельные серии с дистиллированной водой [3].

Средний процент погибших дафний при определении токсичности исследуемой водной вытяжки смета от уборки предприятия ООО «ИК Энерго-Строй» составил 9,7.

Тест-организмы проявили различную чувствительность по отношению к анализируемой водной вытяжке. Наиболее чувствительными оказались дафнии. Процент снижения численности клеток водорослей составил 5,9. Таким образом, даже по наиболее чувствительному тест-объекту смет от

уборки предприятия ООО «ИК ЭнергоСтрой» можно отнести к отходу пятого класса опасности.

#### Библиографический список

1. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды (утв. приказом МПР РФ от 15 июня 2001г. № 511).
2. Терехова В.А. Биотестирование как метод определения класса опасности отходов. // Экология и промышленность России, №12, 2003.- С. 27-29.
3. Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний. 2- е изд., испр. и доп.-М.: Акварос, 2007.- С. 52

УДК 504.5-03

### **ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ НА ВЫБРОСЫ КАНЦЕРОГЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

**Решетникова И.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Громова О.Б.**

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)  
г. Москва, e-mail: ashpina@mail.ru*

Исследован состав дымовых выбросов при сжигании полимерных отходов биомедицинского назначения в печах открытого типа и на установке «ЭЧУТО – 150.03» («Экологически чистая утилизация твердых отходов») с пиролизом и без.

Ключевые слова: биомедицинские отходы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), сжигание, пиролиз.

Относительно низкая стоимость пластмасс и простота обработки привели к широкому использованию изделий из них в научных учреждениях медицинского профиля. При этом резко возросло количество полимерных отходов, так как большая часть таких изделий предназначена для одноразового использования. Учитывая, что разложение полимеров в естественных условиях занимает сотни лет, а количество постоянно растет, возникает острая необходимость в их безопасной утилизации. Термическая утилизация полимерных отходов является распространенным способом, однако, она сопровождается образованием различных вредных веществ, в том числе канцерогенов.

В данной работе исследовалась корпускулярная фаза выбросов термической утилизации полимерных изделий биомедицинского назначения на наличие канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ).

Различные виды изделий биомедицинского назначения утилизирова-

лись на установке «ЭЧУТО – 150.03» («Экологически чистая утилизация твердых отходов»), разработанной в ЭНИНЕ им. Г. М. Кржижановского. Технология основана на последовательно осуществляемых операциях пиролиза или газификации отходов и дожиге коксового остатка в специальном внутреннем контейнере с внешним обогревом. Выделяющиеся в ходе процесса пиролиза газообразные продукты поступают в топочную камеру устройства, их горючие компоненты сгорают, а образующиеся дымовые газы, отдав тепло на нагрев контейнера, выбрасываются в атмосферу. Полукокс на второй стадии процесса дожигается внутри контейнера в режиме, регулируемом количеством подаваемого воздуха, а образующиеся при этом дымовые газы проходят тот же путь через топочную камеру и систему дымоходов [1]. Такая технология позволяет решить проблему обезвреживания различных материалов прямо в местах их накопления, так как оборудование для ЭЧУТО малогабаритно.

С целью исследования влияния пиролиза на состав и количество в выбросах канцерогенных соединений термическую утилизацию проводили по двум схемам – с использованием процесса пиролиза, и без пиролиза. Для сравнения часть несортированных отходов сжигали в печи открытого типа. Отбор корпускулярной фазы воздушного выброса проводили автоматическим пробоотборником ОП-442ТЦ с объемной скоростью 10 л/мин на фильтры АФА-РМА-20.

Собранные на фильтре загрязнители экстрагировали бензолом на ультразвуковой бане (Branson В-12, 50 Гц) до трех раз, затем все экстракты объединяли и доводили до объема 10 мл.

Для качественного и количественного определения канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) был использован разработанный в ФГНУ «Российский онкологический научный центр им. Н. Н. Блохина» высокочувствительный спектрально-флуориметрический метод, основанный на избирательном возбуждении спектров флуоресценции замороженных при 77°К поликристаллических n-октановых растворов (эффект Шпольского).

Анализ исследуемых соединений осуществляли низкотемпературным спектрально-люминесцентным методом на спектрофлуориметре Hitachi М-850 с двойным монохроматором на входе (возбуждение) и выходе (эмиссия люминесценции) и приставкой для низкотемпературной люминесценции (флуоресценции и фосфоресценции) с ксеноновым источником возбуждения [2].

Полученные данные представлены в таблице 1. Видно, что дымовые выбросы при сгорании изделий различных видов образуют разное количество ПАУ. При этом наибольшая концентрация БП в выбросах наблюдается при утилизации флаконов для культивирования клеток из полистирола. По-видимому, это связано с тем, что для повышения гидрофильности и улучшения условий адгезии клеток в состав полистирола при изготовлении данного вида изделий вводят дополнительные –NH<sub>2</sub> группы. Максимальное содержа-

ние БП в выбросах установки ЭЧУТО при сжигании пластмасс без пиролиза составляет 65,85 мкг/м<sup>3</sup>, т. е. более чем в 30 раз ниже, чем в дымовых газах печи открытого типа, а БФЛ в 170 раз ниже.

При сжигании с пиролизом содержание бен(а)пирена в выбросах от ЭЧУТО для исследуемых изделий находилось в пределах от 0,07 до 0,21 мкг/м<sup>3</sup>, что сопоставимо с ПДК рабочей зоны для данного вещества (ПДК р.з.= 0,15 мкг/м<sup>3</sup>).

Таким образом, предварительное термическое разложение полимеров без доступа воздуха (среднетемпературный пиролиз с максимально возможным переводом органической составляющей в газообразное состояние) и последующее сжигание в оптимальных условиях позволяют сократить выброс БП, индикатора содержания ПАУ, до уровня ПДК для воздуха рабочей зоны при утилизации полимерных отходов биомедицинского назначения.

Таблица 1 - Содержание ПАУ в дымовых выбросах при сжигании отходов в печи открытого типа и установке ЭЧУТО без пиролиза, мкг/м<sup>3</sup>

Отходы (материал)	Способ термической переработки	Полициклические ароматические углеводороды (мкг/м <sup>3</sup> )					
		Б(а)П	Б(е)П	БФЛ	ДБА	БА	Ф
Несортированные отходы (ПП, ПС, Н)	печь открытого типа	2210,6	913,9	2707,1	197,6	2420,6	н.и.
Флаконы для культур (ПС)	Технология ЭЧУТО без пиролиза	65,85	16,23	15,83	24,61	49,59	36,56
Посуда пищевая (ПП)		37,5	8,54	7,72	14,36	29,54	27,125
Наконечники для дозаторов		22,32	4,39	3,96	6,16	18,23	14,09
Пробирки центрифужные (ПС)		9,57	1,89	1,89	2,87	8,18	6,29
Перчатки (Н)		2,32	0,57	0,55	0,79	2,54	3,78
Пипетки (ПС)		0,77	0,22	0,14	н.и.	0,43	0,92
н. и. – не идентифицирован Б(а)П – бенз(а)пирен; Б(е)П – бенз(е)пирен; БФЛ – бенз(б)флуорантен+ бенз(к)флуорантен; ДБА – дибенз(а,һ)антрацен + дибенз(а,с)антрацен; БА – бенз(а)антрацен; Ф – фенантрен; ПС – полистирол; ПП – полипропилен, Н – нитрил							

#### Библиографический список

1. Молчанова И. В. Экологически чистая утилизация твердых отходов в маломасштабных установках ЭЧУТО/ И.В. Молчанова, Г.И. Двоскин, Е.А.Соседов, Г.И. Чивикина // Технология машиностроения, № 9 (63), 2007.- С. 72-74.

2. Аветов Г.А. Процесс пиролиза как основа технологии экологически чистого уничтожения твердых органоспецифических отходов строительного производства/ Г.А. Аветов, Г.И. Двоскин // Научно-технический и производственный журнал нефтегазового строительства, № 2, 2013.- С. 47-49.

УДК 628.474.76

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОТХОДОВ СЖИГАНИЯ УГЛЕЙ**

**Фуженкова А.А., Зоря В.Н., Пермяков А.А.**

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, доцент Волюнкина Е.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Представлены результаты исследований минерального состава и кристаллохимической структуры железосодержащих минералов в золе ЗапСибТЭЦ. Установлено преобладание ферромагнитного магнетита, однако железосодержащие вещества находятся внутри стеклянных сферолитов, что снижает эффективность их извлечения магнитным способом и обуславливает необходимость предварительного измельчения отходов с целью разрушения сферолитов.

Ключевые слова: зола, уголь, железо, магнетит, сферолит.

Отходы от сжигания углей являются одним из наиболее массовых видов твердых отходов. За сутки работы ТЭС мощностью 1 млн.т кВт сжигает 10 000 т угля и образует 1 000 т шлака и золы [1, С. 313]. Ежегодное образование золошлаковых отходов в России оценивается в 75 млн.т, а их накопления в отвалах превышают 2 млрд. т [2, С. 16].

Наиболее распространенным способом утилизации золошлаковых отходов от сжигания углей является их использование в строительной индустрии, главным образом, в производстве бетона, а также в дорожном строительстве. Однако высокое содержание в золе угле некоторых элементов снижает ее качество и препятствует широкому использованию в строительной и других отраслях промышленности. Так, согласно ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ», распространяющемуся на щебень и гравий из горных пород, применяемых в качестве заполнителей для тяжелого бетона, а также для дорожных и других видов строительных работ, в щебне и песке ограничено содержание соединений оксидов железа и марганца, которое не должно превышать 3% масс.

С другой стороны, тенденция снижения запасов металлических руд, в частности, железных, делает особенно актуальной переработку техногенных отходов с целью получения техногенного железорудного сырья [3, С. 308]. Технология извлечения железа из природного или техногенного сырья зави-



сит от особенностей минерального состава и кристаллохимической структуры железосодержащих минералов.

С целью оценки возможности и методов извлечения железа из отходов от сжигания углей были отобраны пробы золы Западно-Сибирской ТЭЦ и проведены их исследования с использованием методов мессбауэровской спектроскопии, рентгенофазового и химического анализов, оптической микроскопии.

Установлен химический состав золы, % масс.:  $\text{SiO}_2$  – 44,39;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14,32;  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  – 14,15;  $\text{CaO}$  – 6,79;  $\text{MnO}$  – 2,86;  $\text{MgO}$  – 0,30;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,32;  $\text{S}$  – 0,12;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,65;  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,72;  $\text{TiO}_2$  – 0,92; п.п.п. – 1,19. Как видно, зола представлена типичным алюмосиликатным составом и содержит 14,15% железа. В результате рентгенофазового анализа, выполненного на дифрактометре Дрон-2, установлено, что в составе золы преобладает рентгеноаморфное вещество, вероятно, остеклованные силикаты, а железо содержится, главным образом, в составе магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , при небольшом содержании примесей гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и сидерита  $\text{FeCO}_3$ .

Для выяснения фазового состава отходов, магнитного состояния компонентов и валентных форм железа был использован метод мессбауэровской спектроскопии. Мессбауэровские спектры снимались на спектрометре Ms 1104 Em с источником  $\text{Co}^{57}$  в матрице родия. Спектры обрабатывались с помощью программы «Univem Ms» (ЮФУ, Ростов-на Дону). Изомерный сдвиг рассчитывался относительно  $\alpha\text{-Fe}$ . Результаты исследований представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

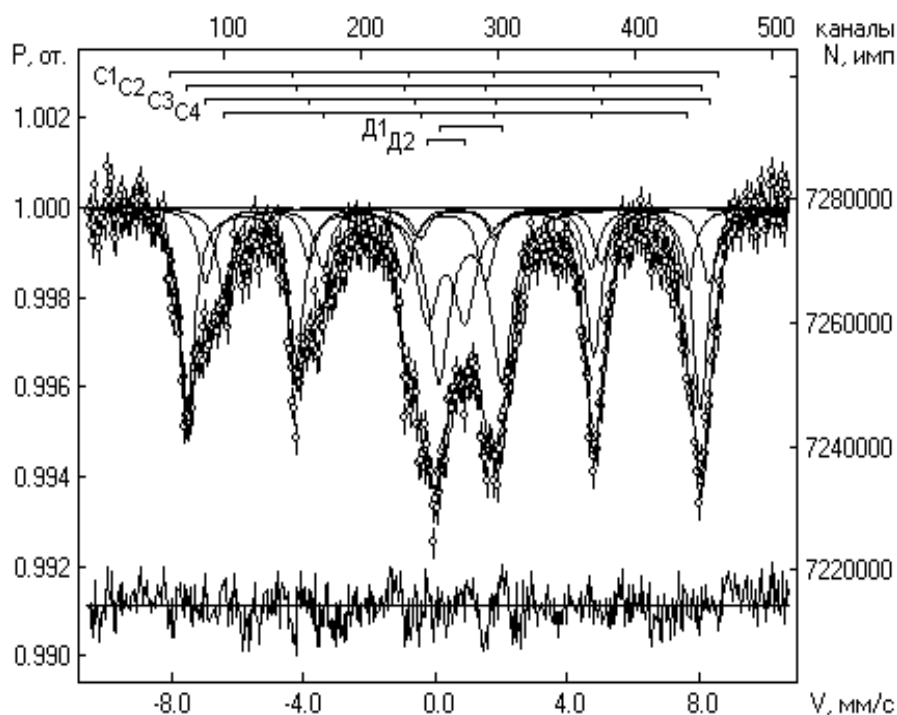


Рисунок 1 - Мессбауэровский спектр золы от сжигания угля

Таблица 1 - Мёссбауэровские параметры спектра золы и их интерпретация

Компонента спектра	Изомерный сдвиг $\delta$ , мм/с	Квадрупольное расщепление $\Delta$ , мм/с	Магнитные поля на ядрах $^{57}\text{Fe}$ , кЭ	Площади компонент $S$ , %	Интерпретация
C1( $\text{Fe}^{3+}$ )	0,37	-0,21	516	0,7	Гематит( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
C2( $\text{Fe}^{3+}$ )	0,27	-0,04	484	36,8	Магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )
C3( $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$ )	0,63	0,06	474	13,8	
C4( $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$ )	0,63	-0,06	436	15,1	
D1( $\text{Fe}^{2+}$ )	1,06	1,91	0	20,7	Сидерит ( $\text{FeCO}_3$ )
D2( $\text{Fe}^{3+}$ )	0,32	1,15	0	13,0	$\sum \text{Fe}^{3+}$

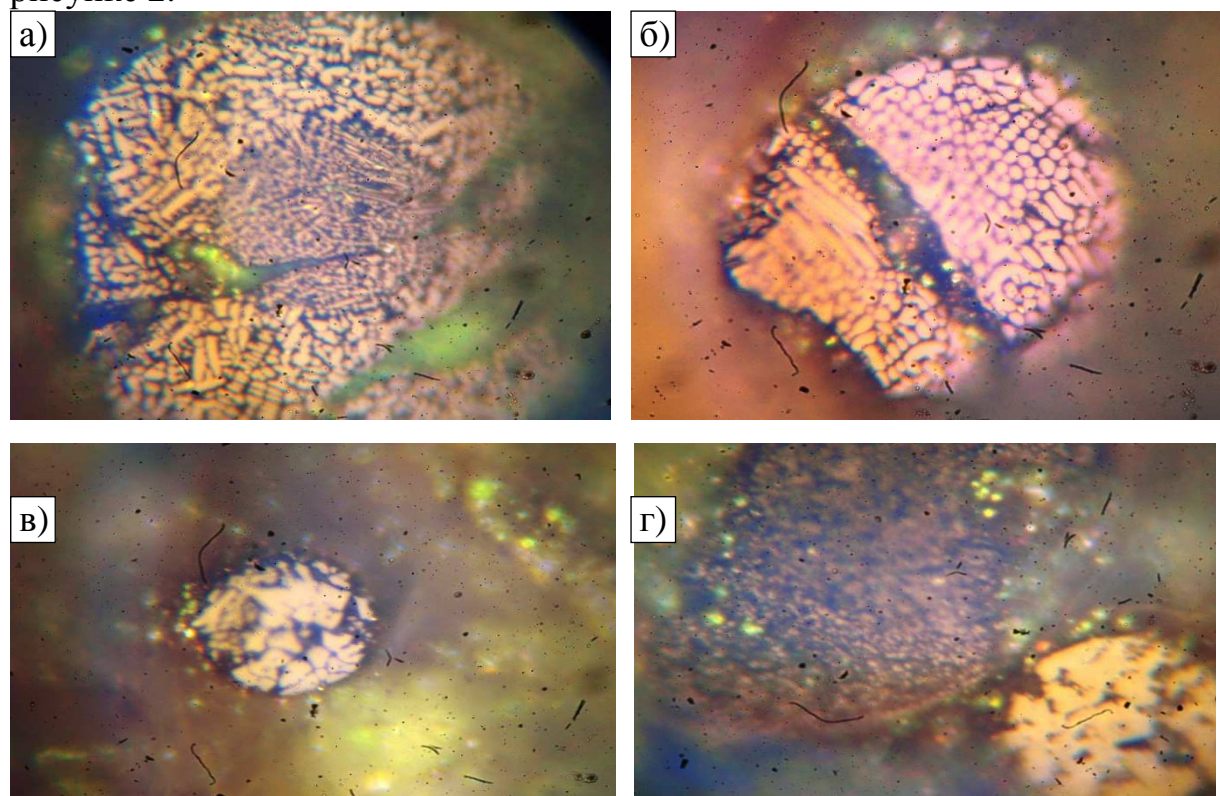
Мёссбауэровский спектр золы от сжигания угля был разложен на составляющие по программе «Univem Ms» на 4 секстета и 2 дублета. Секстет C1 с параметрами, присущими гематиту, проявляется почти на уровне ошибки измерения. Секстет C2 обусловлен ионами  $\text{Fe}^{3+}$  тетраэдрической позиции магнетита, а секстеты C3 и C4 от неэквивалентных положений ионов железа октаэдрической позиции. Наличие двух секстетов можно объяснить значительной нестехиометрией магнетита, поскольку отношение  $S_A/S_B = 1,27$ , а содержание возможных изоморфных примесей не может обеспечить такое отношение. Дублет D1 относится к парамагнитному сидериту, а D2, видимо, суперпозиционный за счет  $\text{Fe}^{3+}$  тонкодисперсных оксидов железа и железосодержащих силикатов.

Таким образом, результаты исследований методом мёссбауэровской спектроскопии подтвердили результаты рентгенофазового и химического анализов и позволили получить более точные данные о видах и содержании железосодержащих фаз в золе от сжигания углей. Приравняв площади компонент к относительному содержанию железа, получим, что в золе от сжигания угля железо содержится, преимущественно в трехвалентном состоянии, однако в разных фазах: основная доля – в составе магнетита, 13,0 % отн. – в составе тонкодисперсных оксидов железа и железа силикатов, и только 0,7 % отн. – в составе гематита. Двухвалентное железо входит в состав магнетита и сидерита (20,7 % отн.). Главным железосодержащим веществом в золе от сжигания угля является магнетит, в составе которого содержится 65,7 % отн. железа.

В целом, исследования отходов методами рентгенофазового анализа и мёссбауэровской спектроскопии показали довольно близкие результаты. Высокая суммарная доля железа в составе ферромагнетика магнетита обуславливает целесообразность использования для его извлечения магнитных методов обогащения.

Однако эффективность извлечения железа из золы с применением маг-

нитных методов в значительной степени будет зависеть от того, в каком виде железосодержащие вещества в ней находятся – в раскрытом (мономинеральном) или в виде сростаний с другими. С целью выявления форм нахождения железа в составе различных фаз проведены петрографические исследования золы ЗапСибТЭЦ на поляризационном оптическом микроскопе ЛабоПол – 2 в проходящем свете. Отходы исследовали в аншлифах, приготовленных из тонкодисперсных агрегатов и сцементированных эпоксидной смолой. Исследования сопровождались фотографированием на цифровую камеру типичных или технологически интересных структур и текстур через микрофотонасадки МФНЭ-1. Фотографии микроструктуры золы, выполненные с применением иммерсионной жидкости (кедровое масло), представлены на рисунке 2.



а - 1200<sup>x</sup>, б - 2000<sup>x</sup>, в - 1500<sup>x</sup>, г - 1500<sup>x</sup>

Рисунок 2 – Фотографии пробы золы от сжигания угля в иммерсии: гематит (белое), магнетит (светло-серое, вюстит – светло-серое, стекло – черное, силикаты – серые точки)

Выявлено, что частицы пробы представляют преимущественно сферолиты. На рисунке 2а виден зональный сферолит, состоящий из магнетита (светло-серый) и стекла (черный). На рисунке 2б виден вюстит (светло-серый) в стеклянном сферолите (черный). На рисунке 2в представлен сферолит, состоящий из вюstitа (светло-серый), магнетита и стекла (черный). На рисунке 2г видны два слипшихся сферолита, маленький сферолит состоит из массивно-скелетного магнетита (светло-серый) с тонкими включениями ге-

матита (белый), крупный сферолит в основном состоит из силикатного стекла с мелкими зародышевыми кристаллами магнетита и силикатов (серые точки). Таким образом, представленная структура исследованной пробы золы свидетельствует о том, что железосодержащие вещества (магнетит, вюстит, гематит) находятся внутри стеклянных сферолитов, что снижает эффективность их извлечения магнитным способом и обуславливает необходимость предварительного измельчения отходов с целью разрушения сферолитов.

#### Библиографический список

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления / Б.Б. Бобович, В.В. Девяткин.– М.: Интермет Инжиниринг.- 2000.- 496 с.
2. Ватин Н.И. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал, № 4. 2011.- С. 16 - 21.
3. Юсфин Ю.С. Промышленность и окружающая среда / Ю.С. Юсфин, Л.И. Леонтьев, П.И. Черноусов. – М. : ИКЦ «Академкнига».- 2002.- 469 с.

УДК 662.642.732:547.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ГУМАТОВ БУРЫХ УГЛЕЙ

Шалаева Н.А., Шабалина К.А.

**Научный руководитель: д-р. тех. наук, профессор Павлович Л.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: sibgiu11@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования минерального состава гуматов, растений обработанных гуматами, перехода минеральной части гуматов в различные сельскохозяйственные продукты.

Ключевые слова: гуматы, минеральный состав, спектрально-эмиссионный анализ, морковь, салат, почва.

Как известно, гумус - основа плодородия почвы, обогащенная биологически активными веществами, так называемыми гуминовыми кислотами и их солями - гуматами. Технология производства гуминовых удобрений щелочами широко разработана. Она дает возможность извлечь из природного сырья целый комплекс биологически активных веществ, макро-и микроэлементы, которые затем обеспечивают высокое качество и эффективность гуминовых препаратов, как удобрений [1].

Углубленное изучение минералогического состава гуминовых кислот из бурых углей России, минерализации растений и образование в растениях БАД естественным путем в продуктах питания, а не в таблетках, органо-минералогической коллоидной массы при их обработке гуматами является

актуальной задачей.

Цель работы - исследование минерального состава гуматов из бурых углей и перехода минеральной части гуматов в различные сельскохозяйственные продукты.

Для эксперимента взяты гуматы ООО «Аграрные технологии» (Россия, Иркутск). Изготовитель ООО «Фирма «Зеленая Аптека Садовода»» Гумат +7 микроэлементов. Гуматы содержащие по данным производителя, %:

B – 0,2, K – 5,0, Fe – 0,4, Mn – 0,17, Cu – 0,2, Mo – 0,018, Co – 0,02, Zn – 0,2. В соответствии с известной методикой[2] гуматы использованы при посадке салата и моркови на приусадебных участках в сельских местностях в окрестностях с. Костенково Новокузнецкого района и г. Осинники. Посадка была произведена 4 мая в г. Осинники и 15 мая в с. Костенково. Была разница во времени посадки так как г. Осинники находится южнее с. Костенково.

Разделив землю на 6 равных участков, 3 экспериментальных и 3 контрольных, размером 1 м<sup>2</sup> с промежутком 20 см. посадили морковь и салат. Затем 3 экспериментальных участка полили раствором гуматов 1 г на 10 л на 1 м<sup>2</sup>. В 20-ых числа июля произвели повторный полив раствором гуматов.

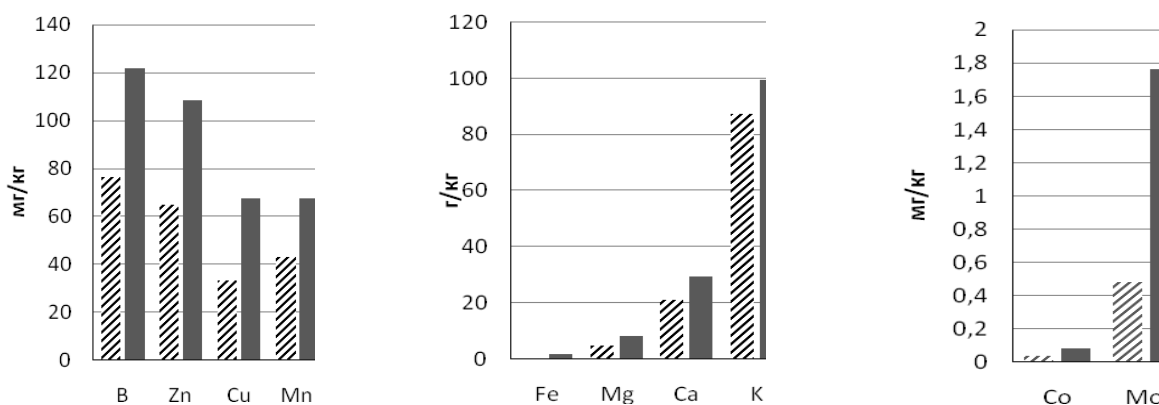
Гуматы, земля до посадки и после сбора урожая, морковь и салат проанализировали атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой в Западно-Сибирском испытательном центре на 11 компонентов: бор, железо, магний, марганец, медь, молибден, кальций, калий, селен, цинк, кобальт.

Атомно-эмиссионный анализ основан на том, что атомы каждого элемента могут испускать свет определенных разных длин волн - спектральные линии при их возбуждении нагреванием, электрическим разрядом или лазером. Чем больше атомов данного элемента присутствует в анализируемом образце, тем ярче излучение соответствующей длины волны. Для анализа предоставили по 0,5 кг почвы и овощей. Из воздушно-сухой объединённой пробы почвы после сбора урожая тщательно удалили корни, листья, другие инородные частицы и взяли методом квартования пробу массой 0,2 кг. Отбранную пробу перетерли в фарфоровой ступке и просеяли через капроновое сито с размером ячейки 1 мм. Морковь мелко натерли на пластмассовой терке, салат нарезали пластмассовым ножом. Из полученной пробы почвы и овощей взяли навески на анализ. Подготовленные к анализу пробы при помощи перистальтического насоса, подали в распылительную камеру спектрометра и в токе аргона, где образовавшаяся аэрозоль попадал в горелку, в которой происходила ионизация атомов.

Увеличение содержания минералов наблюдалось для всех элементов для моркови на 13,8 ÷ 440% и на 13,7 ÷ 2500% для салата (таблица 1), кроме марганца, убыль которого составила 12%. Наглядно прирост содержания минералов виден на диаграммах (рисунки 1 - 3). Наибольшая минерализация овощей наблюдалась по салату: Fe, Ca, Se, по моркови Cu, Co, Fe, Se.

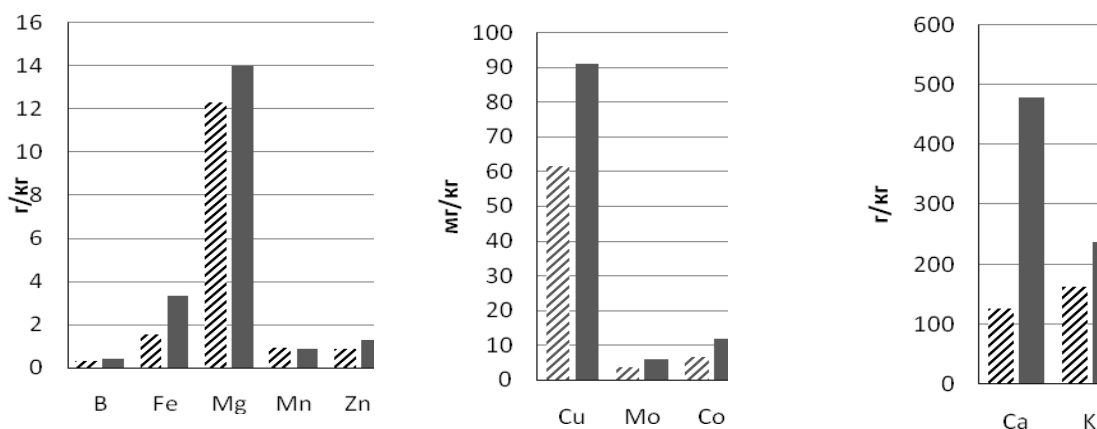
Таблица 1 - Прирост содержания минералов в моркови, салате при обработке гуматами

Определяемый элемент	Увеличение содержание минералов, %		морковь	салат
	почва			
	морковь	салат		
Бор	7,8	41,9	59,1	27,2
Железо	210,4	80,8	382,6	112,4
Магний	8,3	6,2	65,7	13,7
Марганец	-9,8	25,8	57,1	-12,0
Медь	340,0	0,0	104,2	48,1
Молибден	0,0	0,0	266,7	64,4
Кальций	5,3	20,4	38,0	281,0
Калий	-4,7	0,0	13,8	46,6
Кобальт	13,3	60,7	132,4	75,0
Селен	0,0	0,0	440,0	2500,0
Цинк	464,3	19,4	67,4	44,5



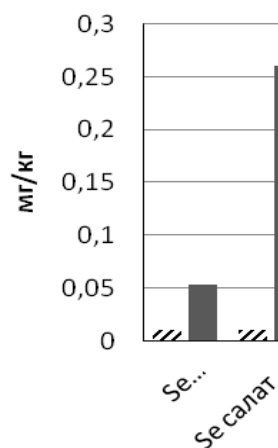
▨ - без гуматов; ■ - с гуматами

Рисунок 1 – Прирост содержания минеральных элементов в моркови



▨ - без гуматов; ■ - с гуматами

Рисунок 2 – Прирост содержания минеральных элементов в салате



▨ - без гуматов; ■ - с гуматами

Рисунок 3 – Прирост содержания селена в моркови и салате

В результате расчетов получено, что при обработке гуматами прирост в корнеплодах моркови минералов в сумме составил 24,736 г/кг (21,7 %), в салате – 417,02 г/кг (137,6 %). В моркови наблюдался прирост всех 11 элементов, в салате прироста Mn не наблюдается, прирост всех остальных элементов значительный (до 137,6 %).

В почве после сбора урожая осталась 257,7 мг/кг (после моркови) и 519,3 мг/кг (после салата) в сумме элементов в зависимости от минерализации исходной почвы.

В настоящее время установлено, что потребление продуктов питания растительного происхождения с повышенной минерализацией способствует здоровью и долгожительству человека [3]. Приведенные исследования наглядно показали увеличение содержания жизненно важных для человека минералов в продуктах питания при их обработке гуматами.

#### Библиографический список

1. Мотовилова Л.В., Берман О.Н., Скворцов О.В. «Гуматы – экологически чистые стимуляторы роста и развития растений». М.: Колос, 2001.– 105с.
2. Третьяков Н.Н., Ягодин Б.А., Туликов А.М. «Основы агрономии». М.: «Академия», 2003.– 360с.
3. Язовский В.А. Справочник по витаминам и минеральным веществам. М.: Медицина и питание: Техлит, 2007.– 420с.

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ: ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЮДЕЙ И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ**

**Герасимук А.В.**

**Научный руководитель: канд. биол. наук Семина И.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В работе рассмотрено электромагнитное поле и его воздействия на людей и окружающую среду, а также рассмотрены основные организационные мероприятия по защите от ЭМП.

Ключевые слова: электромагнитное поле, биологического воздействия электрического поля, инженерно-технические защитные мероприятия, экранирование.

Современный мир невозможно представить без электричества. Оно буквально пронизывает все сферы человеческой жизни, миллиардами проводов и кабелей опутывает наши жилища, города, страны. Подобно сплетению нервных клеток человеческого мозга оплетает нашу планету. Казалось бы, впервые, термин электричество был введён в 1600г, первый промышленный генератор – 1870. Не так много времени прошло с тех пор, но столь многое изменилось. Всюду нас стало окружать различное электрооборудование, будь то промышленные установки или различные бытовые приборы. Электроприборы порою, бывают даже внутри нас, например, кардиостимуляторы, слуховая аппарата и прочие медицинское оборудование. Многие, что было невозможно до открытия электричества и будучи только плодом воображения людей стало возможно. Ни одно производство, особенно тяжелое, такое как металлургическое или горнодобывающая промышленность не обходятся без использования этого, самого универсального источника энергии. Да чего говорить, наверняка у каждого из нас сейчас в кармане лежит смартфон или телефон, дома стоит компьютер, Wi-Fi роутер, принтер, аудио-видео техника, холодильник, стиральная машина и много многое другое, работающее благодаря электроэнергии. Электричество достаточно легко вырабатывать, запасать, преобразовывать, передавать. Есть конечно, определённые технологические сложности, но они не настолько ощутимы, как, скажем, особенности добычи и транспортировки ископаемого топлива – процесс значительно более масштабный и затратный, если сравнивать, например, с выработкой электричество на ГЭС. Одним словом, без электричества, если бы вдруг его не стало, жизнь на планеты бы остановилась и повернулась вспять – столь велико его значения.

Всё бы отлично, но вопреки вышесказанному электричество играет не только положительную роль. Есть и обратная сторона его медали, обусловленная протеканием физических процессов при производстве, передаче и по-



треблении электроэнергии. Само по себе электричество не оказывает никакого влияния ни на окружающую среду, ни на живые организмы в частности, если нет непосредственного контакта, конечно, но оно порождает другое явление, о котором мало кто задумывается а порою и не знает – электромагнитное поле (далее ЭМП). Когда вы включаете выключатель, то свет в вашей квартире мгновенно зажжётся. И это тоже благодаря полю, ведь именно оно, распространяясь вдоль проводника со скоростью света приводит все электроны в нём мгновенно в движение. А ведь скорость самих электронов ничтожно мала, по сравнению со скоростью поля, да и вообще мала – несколько сантиметров в минуту. Поле невозможно увидеть, невозможно почувствовать (если только оно не очень мощное), но можно обнаружить по взаимодействию с другими объектами, особенно металлом и проводниками с током. ЭМП, для живых организмов может представлять серьёзную опасность, причем эта опасность имеет отложенный, кумулятивный характер, то есть последствия воздействия ЭМП не проявляются внезапно, они накапливаются, усиливают друг друга со временем и в конце концов могут привести к летальному исходу. Итог зависит от интенсивности воздействия ЭМП и продолжительности воздействия. Видно, что вопрос электромагнитной безопасности в современном мире очень актуален.

По классификации ВОЗ: электромагнитное поле – это силовое поле, образованное вокруг электрического тока, эквивалентное электрическому полю и магнитному полю, расположенным под прямыми углами друг к другу. Основными источниками электромагнитных полей являются линии электропередач, домашняя электропроводка, инструменты с приводом от двигателя, экраны компьютеров, телекоммуникации и устройства для вещания, а также мобильные телефоны [4]. Рассмотрим с экологической точки зрения ЭМП на примере ВЛЭП.

Существует ряд стандартных линейных напряжений высоковольтных ЛЭП: 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150. Интенсивность электрического поля характеризуется напряженностью электрического поля  $E$ . Её можно определить через формулу связи с потенциалом [3]:

$$E = -\nabla \varphi \quad (1)$$

Потенциал тем больше, чем больше напряжение. Значит, чем выше напряжение ВЛЭП, тем выше и напряженность электрического поля создаваемого ей.

Интенсивность магнитного поля характеризуется величиной магнитной индукцией,  $B$ , а так же напряженностью магнитного поля  $H$ . Индукция поля будет зависеть от расстояния до провода и величины протекающего по нему тока [3]:

$$B = \frac{2 \cdot I}{c \cdot R} \quad (2)$$

Напряжённость магнитного поля [5, С. 16-17]:

$$H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot R} \quad (3)$$

Таким образом, поле ЛЭП будет зависеть от напряжения и тока. Ток же, величина не постоянная, так как нагрузка линии имеет случайных характер. Проиллюстрируем распределение электрического и магнитного полей рисунками.

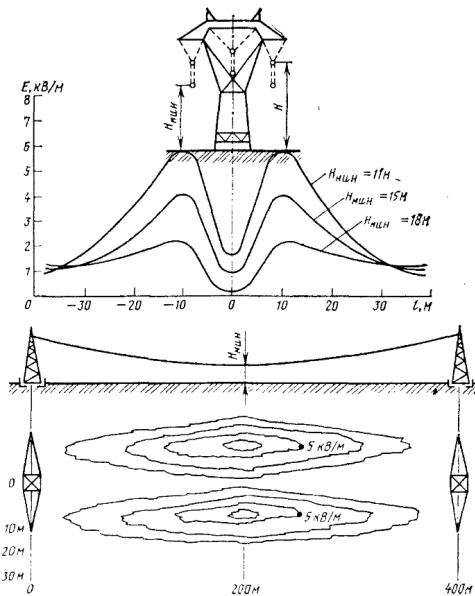


Рисунок 2 – Распределение напряженности электрического поля ЛЭП с напряжением 380кВ

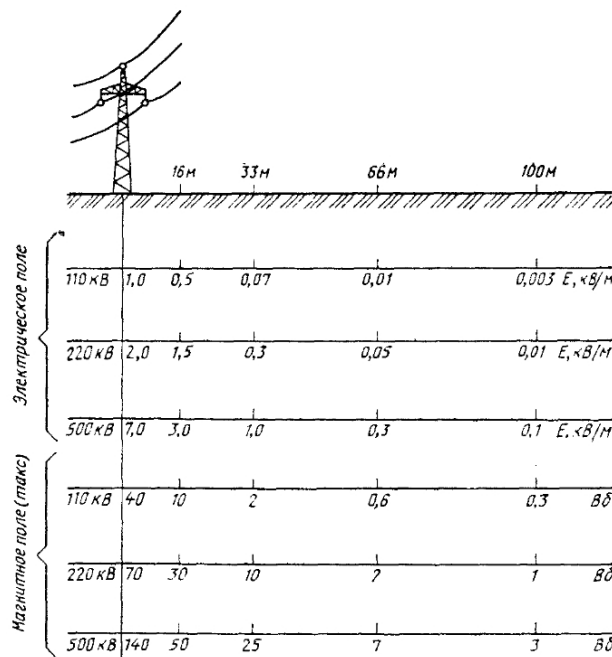


Рисунок 3 – Распределение электрического и магнитного полей переменного тока на различном расстоянии от ВЛ

В силу того, что электромагнитное поле как таковое до сих пор остаётся не изученным в полной мере, актуальность проведения различных исследований остаётся очень высокой.

При исследованиях биологического действия ЭМП было установлено следующее: в поле ЛЭП у пчел фиксируется повышенная агрессивность, беспокойство, снижение работоспособности и продуктивности, склонность к потере маток; у жуков, комаров, бабочек и других летающих насекомых наблюдается изменение поведенческих реакций, в том числе изменение направления движения в сторону с меньшим уровнем поля [6].

При проведении опытов на растениях было выявлено небольшое повреждение тканей листьев при напряжённости от 20 до 50кВ/м, зависящее от конфигурации растения и первоначально содержания в нём влаги. Острые края растений были омертвевшими. Это объясняется тем, что при наведении высокого потенциала острые края начинают коронировать и по ним бежит коронный ток высокой плотности, оказывающий тепловое действие [4]. Возможны развития аномалий – часто меняются формы и размеры цветков, листьев, стеблей, появляются лишние лепестки [6].

Исследования биологического воздействия электрического поля обнаружили, что уже при напряжённости 1кВ/м (для сравнения, под ЛЭП напряженность может быть на несколько порядков выше) оно оказывает неблагоприятное влияние на нервную систему человека, вызывая эндокринные нарушения, нарушения ритма сердца, кровяное давление, обменные процессы, иммунную активность [4]. Электромагнитное поле индуцировать в теле человека токи, которые намного превосходят естественные биотоки организма. Примечательно, что электрическая составляющая ЭМП значительно более вредная, чем магнитная. Так, вредное воздействие магнитного поля проявляется при напряженности его около 200А/М – это 1-1.5 от фазного провода. Электрический потенциал, наведённый ЭП, например, на человека, находящегося под проводами, может достигать 10кВ, а импульс тока, при касании за заземлённый объект (опора, ветка куста, травинка) 100-200 мкА. Для человека такой ток безопасен, но заставляет животных избегать нахождения возле трасс ЛЭП [4].

Здоровый человек страдает от относительно длительного пребывания в поле ЛЭП. Кратковременное облучение (минуты) способно привести к негативной реакцией только у гиперчувствительных людей или у больных некоторыми видами аллергии. Например, хорошо известны работы английских ученых в начале 90-х годов показавших, что у ряда аллергиков по действием поля ЛЭП развивается реакция по типу эпилептической. При продолжительном пребывании (месяцы - годы) людей в электромагнитном поле ЛЭП могут развиваться заболевания преимущественно сердечно-сосудистой и нервной систем организма человека. В последние годы в числе отдаленных последствий часто называются онкологические заболевания [6].

При напряженности поля 50кВ/м человек может испытывать зуд на те-

ле, что связано с вибрацией волосков в поле [4].

Основные организационные мероприятия по защите от ЭМП: защита расстоянием (оптимальное размещение оборудования и людей, выделение зон с повышенным излучением), защита временем (ограничение времени пребывания в зоне полей), выбор рационального режима работы оборудования и обслуживающего персонала [5]

Защита временем применяется, когда нет возможности снизить интенсивность излучения в данной точке до предельно допустимого уровня. В действующих ПДУ предусмотрена зависимость между интенсивностью плотности потока энергии и временем облучения.

Защита расстоянием основывается на падении интенсивности излучения, которое обратно пропорционально квадрату расстояния и применяется, если невозможно ослабить ЭМП другими мерами, в том числе и защитой временем. Защита расстоянием положена в основу зон нормирования излучений для определения необходимого разрыва между источниками ЭМП и жилыми домами, служебными помещениями и т.п. Для каждой установки, излучающей электромагнитную энергию, должны определяться санитарно-защитные зоны, в которых интенсивность ЭМП превышает ПДУ. Границы зон определяются расчётным методом для каждого конкретного случая размещения излучающей установки при работе их на максимальную мощность излучения и контролируются с помощью приборов. В соответствии с ГОСТ 12.1.026-80 зоны излучения ограждаются либо устанавливаются предупреждающие знаки с надписями: «Не входить, опасно!».

Инженерно-технические защитные мероприятия строятся на использовании явления экранирования электромагнитных полей непосредственно в местах пребывания человека либо на мероприятиях по ограничению эмиссионных параметров источника поля [6]. Экранирование может быть полным или частичным. Полное экранирование предусматривает создание замкнутых пространственных экранов. Радиоизлучения могут проникать в помещения, где находятся люди через оконные и дверные проемы. Для экранирования смотровых окон, окон помещений, застекления потолочных фонарей, перегородок применяется металлизированное стекло, обладающее экранирующими свойствами. Такое свойство стеклу придает тонкая прозрачная пленка либо окислов металлов, чаще всего олова, либо металлов - медь, никель, серебро и их сочетания. Пленка обладает достаточной оптической прозрачностью и химической стойкостью. Будучи нанесенной на одну сторону поверхности стекла она ослабляет интенсивность излучения в диапазоне 0,8 – 150 см на 30 дБ (в 1000 раз). При нанесении пленки на обе поверхности стекла ослабление достигает 40 дБ (в 10000 раз).

Для защиты населения от воздействия электромагнитных излучений в строительных конструкциях в качестве защитных экранов могут применяться металлическая сетка, металлический лист или любое другое проводящее покрытие, в том числе и специально разработанные строительные материа-

лы. В ряде случаев достаточно использования заземленной металлической сетки, помещаемой под облицовочный или штукатурный слой. В качестве экранов могут применяться также различные пленки и ткани с металлизированным покрытием. В последние годы в качестве радиоэкранирующих материалов получили металлизированные ткани на основе синтетических волокон. Их получают методом химической металлизации (из растворов) тканей различной структуры и плотности. Существующие методы получения позволяет регулировать количество наносимого металла в диапазоне от сотых долей до единиц мкм и изменять поверхностное удельное сопротивление тканей от десятков до долей Ом. Экранирующие текстильные материалы обладают малой толщиной, легкостью, гибкостью; они могут дублироваться другими материалами (тканями, кожей, пленками), хорошо совмещаются со смолами и латексами [6].

Меры защиты, их конструктивные особенности и тип определяются такими параметрами, как частота электромагнитного поля, вид поля (переменное или постоянное) и энергетическими характеристиками поля.

Основная защита от полей ВЛЭП – создание защитных зон. Нормы излучения от ВЛЭП регламентируются соответствующим документом: "Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты" № 2971-84.

Таблица 1 - Границы санитарно-защитных зон для ЛЭП согласно СН № 2971-84

Напряжение ЛЭП	<20 кВ	35 кВ	110 кВ	150 -220 кВ	330 - 500 кВ	750 кВ	1150 кВ
Размер санитарно-защитной зоны	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	40 м	55 м

К размещению ВЛ ультравысоких напряжений (750 и 1150кВ) предъявляются дополнительные: машины и механизмы с санитарно-защитной зоне ЛЭП должны быть оснащены экранами. При размещении вновь строящихся ЛЭП расстояние от оси проводов ЛЭП до границы населённых пунктов, как правило, не должно быть менее 250м (750кВ) и 300м (1150кВ) [5].

#### Библиографический список

1. Калашников С.Г. Электричество: Учебное пособие. – 6-е изд., стереотипное. – М.: Физматлит, 2003.- 624с. ISBN 5-9221-0312-1.
2. Иродов И. Е. Общий курс физики. Том 3 – Основные законы электромагнетизма. 2-е, стереотип.- М.: Высш. шк., 1991. – 288с
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики.– Изд. 4-е, стереотипное.- М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2004.– Т.III. Электричество.- 656 с – ISBN 5-9221-0227-3; ISBN 5-89155-086-5.
4. Экологические аспекты передачи электроэнергии. В.И. Чехов/Под ред. Г.К. Зарудского. – М.: Изд-во МЭИ, 1991.- 44с.

5. Аполлонский С. М., Каляда Т. В., Синдаловский Б. Е. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: Учеб. Пособие. – СПб.: Политехника, 2006. – 264с.:ил. – (Сер. Безопасность жизни и деятельности). ISBN 5-7325-0854-6.

6. Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.ecopole.ru>.

УДК 622.648

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА МЕСТАХ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Злобина Е.С.**

**Научные руководители: канд. тех. наук, доцент Папин А.В.,  
канд. биол. наук, доцент Игнатова А.Ю.,**

*Кузбасский государственный технический университет*

*имени Т.Ф.Горбачёва,*

*г. Кемерово, e-mail: Zlobina94@mail.ru*

С развитием угольной промышленности увеличивается количество отходов, что влияет на экологическую ситуацию региона. Разрабатываемая технология позволит перерабатывать тонкодисперсные угольные отходы на местах их образования в углемасляный концентрат, пригодный для энергетики и коксования.

Ключевые слова: угольные шламы, масляная агломерация, углемасляный концентрат, переработка, мобильная установка.

Угольная и металлургическая промышленность неуклонно развиваются, выдавая ежегодно всё больше готовой продукции. Высокое её качество достигается путём многочисленных операций, связанных с добычей, очисткой, обогащением, сортировкой. В результате образуются отходы, которые не в полном объёме используются в дальнейшем, приводят к нерациональному использованию сырья. Одним из таких отходов являются тонкодисперсные угольные шламы. Часто они хранятся в гидроотвалах или отстойниках, которые занимают значительные территории, загрязняют окружающую среду, искажают природный ландшафт городов. В Кузбассе на сегодняшний день уже имеется около 25 млн. т угольных шламов, перевод которых в технологически приемлемое топливо позволит улучшить экологическую обстановку и получить существенный экономический эффект.

Существующие технологии обогащения углей являются неэффективными при переработке низкосортного сырья и отходов углеобогащения в виду низкой селективности процесса, из-за высокой зольности и тонкодисперсности. Поэтому, в основном данные продукты практически не перерабатываются и направляются в хранилище, т.е. остаются невостребованными.

Цель данного проекта - разработка технологии переработки техногенных отходов и мобильной установки, позволяющей получать из угольных шламов, низкосортных углей новые товарные продукты, а именно, – высококалорийный низкосольный углемасляный концентрат для коксования и энергетики, композитные виды топлив непосредственно на месте образования данных отходов.

Особенность данной технологии заключается в использовании альтернативного способа обогащения углеродных материалов методом масляной агломерации, что позволит селективно отделять минеральные частицы от органической части угля при его обогащении с получением концентрата, приемлемого для энергетики и коксования.

Сущность метода масляной агломерации заключается в различной смачиваемости жидкими углеводородами угольных и породных частиц в воде. При этом, в результате турбулизации пульпы, происходит селективное образование углемасляных агрегатов, которые уплотняются, структурно преобразуясь в прочные гранулы сферической формы [1].

Новизной данного проекта является разработка технологического процесса, позволяющего получать низкосольное высококачественное топливо из низкосортных углей и отходов углеобогащения в местах их образования с помощью мобильной установки.

Для обогащения предполагается использовать мобильную установку, состоящую из ёмкости для обогащения, турбинной мешалки и мотора. Также имеется устройство для подачи связующего реагента и выгрузки готового продукта - углемасляного концентрата.

Аналогом полученного с использованием разрабатываемой технологии углемасляного концентрата для коксования является шихта для коксования. Сравнительная характеристика приведена в таблице 1.

Таблица 1- Сравнение углемасляного концентрата с аналогом

Технико-экономические показатели (наименование и единицы измерения)	Наименования аналогов инновационной продукции	Наименование инновационной продукции
	Шихта для коксования	Углемасляный концентрат из угольного шлама
Толщина пластического слоя (У), мм	14	14
Пластометрическая усадка (х), мм	30	33
Выход летучих веществ (Vdaf), мас. %	25-28	28,0
Зольность (Ad), мас. %	Не более 9,2	5,4

Окончание таблицы 1

Технико-экономические показатели (наименование и единицы измерения)	Наименования аналогов инновационной продукции	Наименование инновационной продукции
	Шихта для коксования	Углемасляный концентрат из угольного шлама
Сера общая (S общ.), мас. %	Не более 0,5	0,25
Влага в рабочем состоянии (Wtr), мас. %	8-10	10,5
Содержание классов 0-3 мм (помол), мас. %	Не менее 74	98
Цена продукции	3-4 тыс. руб. т	1-1,5 тыс. руб. т

Индекс свободного вспучивания, определяемый по ГОСТ [2] равен 5 единицам, это показывает, что полученный угольный концентрат пригоден для технологии коксования.

Связующий реагент, применяемый при данном способе обогащения, во многом определяет себестоимость процесса. Это может быть топочный мазут, термогазойль, отработанное машинное масло с коксохимического производства, дизельное топливо, и т.д.

Преимущества применения разрабатываемой технологии для переработки угольных шламов:

- улучшение экологической обстановки в регионе (в том числе, за счёт сокращения или даже полной ликвидации угольных отходов в виде тонкодисперсных частиц);
- более полное и комплексное использование сырья и материалов, в том числе вторичное;
- расширение сырьевой базы производства;
- усиление конкурентных позиций отечественных науки и бизнеса;
- создание принципиально новой продукции.

Исследования поддержаны грантом программы У.М.Н.И.К.-2014.

#### Библиографический список

1. Папин А.В. Переработка угольных шламов в сырьё для когенерационных устройств /А.В. Папин, А.В. Неведров // Ползуновский вестник - 2013.- № 1. – С. 48-50.
2. ГОСТ 30313-95 Угли каменные и антрациты (Угли среднего и высокого рангов). Кодификация. - М.: Изд-во стандартов, 1995.



## **ВОДА – ВКУС ЖИЗНИ!**

**Субботина Д.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Сомин В.А.**

*Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»,  
г. Барнаул, e-mail:htie@mail.ru*

В работе представлены результаты исследований по получению новых сорбционных материалов на основе отходов растениеводства для очистки воды от соединений тяжелых металлов. Разработаны технологические схемы приготовления сорбентов и очистки сточных вод с их использованием.

Ключевые слова: сорбция, тяжелые металлы, отходы растениеводства

Вода с давних времен ассоциировалась с жизнью на Земле, она является источником силы и здоровья, а наша задача беречь ее запасы и предотвращать ее загрязнение в наш стремительно развивающийся промышленный век.

Данный проект посвящен вопросам очистки сточных вод от одних из самых опасных загрязнителей – ионов тяжелых металлов: меди и никеле, которые способны накапливаться в организме и в дальнейшем практически не выводятся из него. Большие дозы очень вредны для здоровья, ведь эти ионы - канцерогенные химические элементы и могут спровоцировать разные заболевания дыхательной системы. Свободные ионы наиболее токсичные, чем в форме комплексов. К тому же в связи с большим количеством предприятий гальванического производства на территории Алтайского края, это достаточно актуальная проблема, решение которой должно быть основано на применении современных технологий.

Стоит отметить, что наш край является крупной аграрной территорией Сибири, на которой расположено множество сельскохозяйственных комплексов, такие как: ЗАО «Алейскзернопродукт» им. С.Н. Старовойтова, ОАО «Мельник» (г. Рубцовск), ООО «АгроСиб-Раздолье», ЗАО «Грана», ОАО «Пава», ОАО «Ключевской элеватор» и так далее. В процессе производства на данных предприятиях образуется большое количество сельскохозяйственных отходов: лузга, костра льна, жмых, ботва и шелуха. Их утилизация является проблемой для самого изготовителя, а места их размещения занимают большие территории. Один из перспективных методов использования растительных отходов - применение их в качестве основы сорбентов для очистки воды.

Благодаря особой структуре и строению растительные отходы способны поглощать ионы различных растворимых веществ. Это свойство и позволяет использовать их в качестве сорбентов для очистки вод

Первоначально наше исследование было посвящено изучению сорбци-

онных свойств шелухи гречихи и подсолнечника, для увеличения сорбционной ёмкости которых проводили модификацию различными реагентами (соляной и ортофосфорной кислотами, а также гидроксидом натрия). Предварительно мы изучили сорбционные свойства нативной и модифицированной шелухи в статических условиях. Отмечено, что модификация позволяет увеличить сорбционную емкость шелухи в 3-5 раз.

В процессе исследования характеристик сорбентов также важно оценить возможность практического применения сорбционного материала. Поэтому следующим направлением исследований стало изучение сорбционной емкости в динамических условиях, в результате чего были получены данные о том, что полученные материалы способны очищать воду от ионов никеля и меди с эффективностью не менее 75 %.

В результате проведенных исследований нами была разработана схема получения сорбента, представлена на рисунке 1.

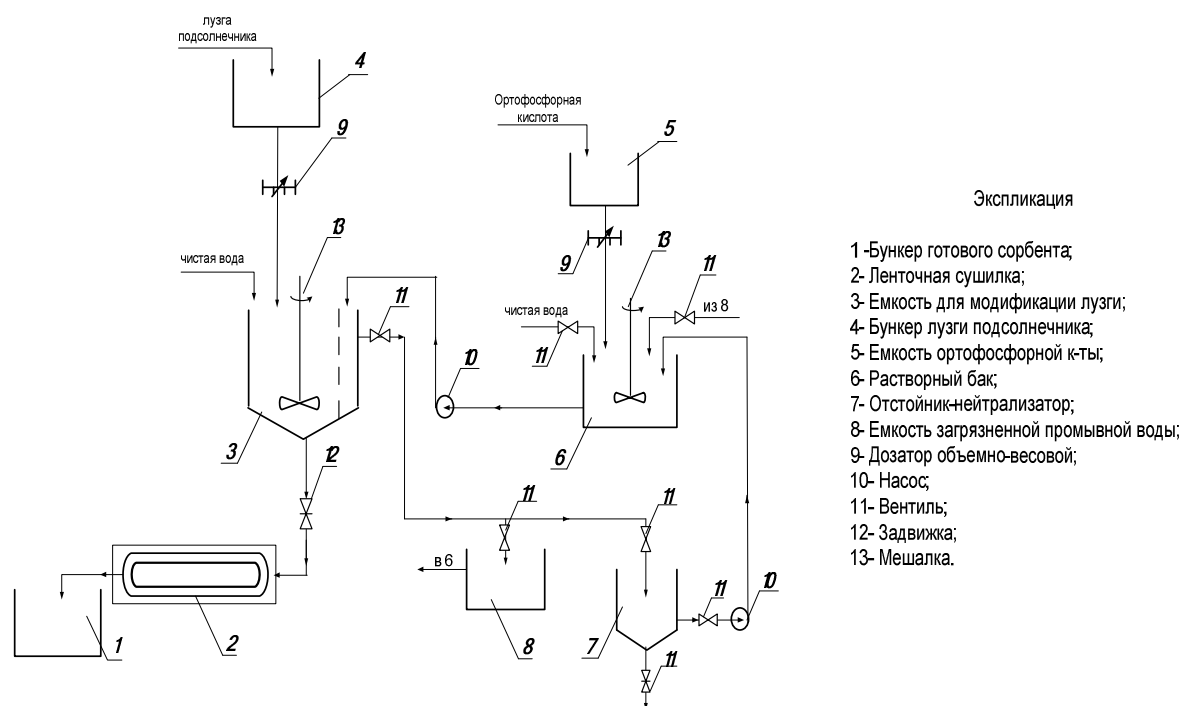
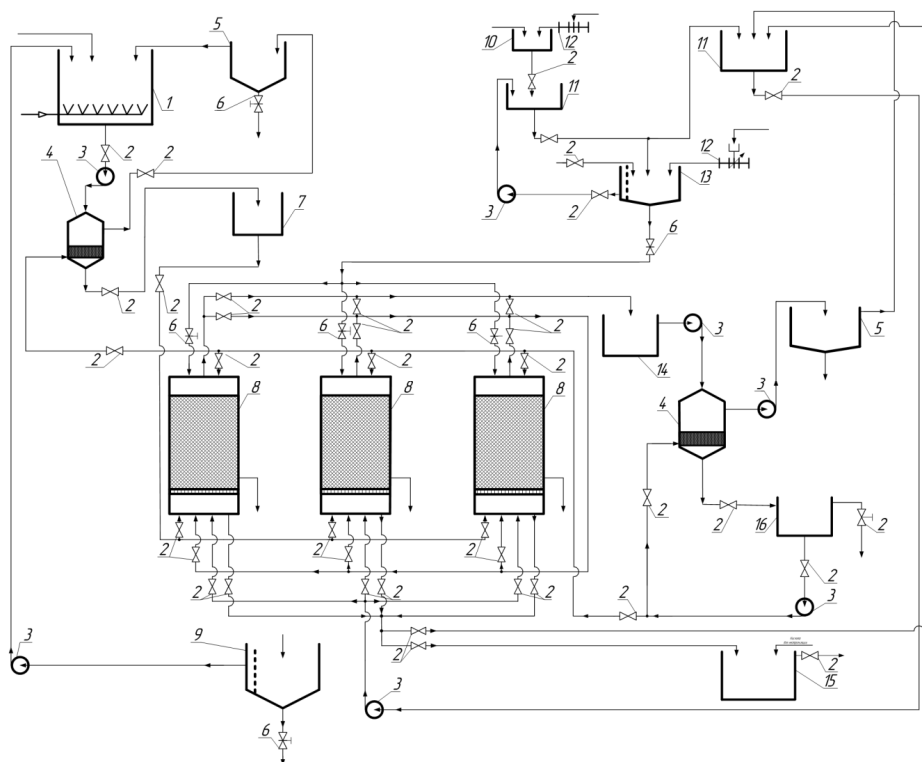


Рисунок 1 – Технологическая схема производства сорбента

Технологический процесс получения сорбента заключается в следующем: На первом этапе производства сорбционного материала необходимо приготовить раствор гидроксида натрия для дальнейшей модификации лузги подсолнечника. Для этого в растворяющем баке 6 смешивается щелочь с водой в определенно-заданных пропорциях. Вторым этапом является собственно приготовление сорбента, проводимое в нескольких стадий. Первоначально дозируется необходимое количество лузги из бункера лузги 4, а далее проводится модификация раствором щелочи в емкости для модификации 3, после чего происходит промывка сорбента водой и его сушка на ленточной сушилке 2. Затем приготовленный сорбент поступает на хранение в бункер 1.

Очистка воды с использованием разработанной технологии получения материала реализована в схеме, представленной на рисунке 2.



1-усреднитель, 2-вентиль, 3-центрабожный насос, 4-механический фильтр, 5-отстойник, 6-задвижка, 7-напорный бак, 8- сорбционный фильтр, 9- сборник отработанного сорбента, 10- растворный бак, 11- расходный бак, 12- ковшовый дозатор , 13-емкость для модификации опилок, 14-емкость сбора фильтрата, 15-емкость сбора отработанного регенерационного раствора, 16- емкость сбора очищенной воды

Рисунок 2 – Технологическая схема очистки сточных вод от соединений металлов с использованием полученного сорбента

Приготовленный сорбент используется в качестве загрузки сорбционных фильтров 8 для очистки стоков, содержащих соединения металлов.

Загрязненные стоки поступают в напорный резервуар 7, из которого самотеком подаются на сорбционный фильтр первой ступени 8. Фильтрация осуществляется снизу вверх, далее вода направляется на вторую ступень очистки. Фильтрат сорбционных фильтров направляется в емкость сбора фильтрата 14, и, пройдя дополнительную очистку в фильтре 4, поступает в емкость сбора очищенной воды 16. Очищенная вода возвращается в производство. Вода от промывки первого фильтра после предварительного отстаивания в отстойнике 5 возвращается в усреднитель 1. Регенерация сорбционных фильтров проводится раствором гидроксида натрия концентрацией 100 мг/л.

Отработанный регенерационный раствор собирается в емкость 15, и после концентрирования может быть возвращен в производство. Отработанный сорбент обезвоживается в отстойнике 9. Обезвоженный материал по-

ступает на приготовление новых партий сорбента. После трехкратного использования материал отправляется на утилизацию.

Таким образом, нами были предложены две технологии – приготовления сорбента из отходов растениеводства и очистки сточных вод с его использованием. Данный проект решает весьма важную проблему – очистку воды от соединений тяжелых металлов. Его реализация позволит совершенствовать существующие технологии обезвреживания стоков, снизить затраты на очистку воды и создавать экологически комфортную среду для жителей нашего региона.

УДК 631.95

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

**Лукашенко А.В., Чикурова И.В.**

**Научный руководитель: д-р. с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: cool.chikurova@mail.ru*

Представлены результаты экспериментальных исследований по созданию и испытанию установки для получения биогаза. Разработаны экологически безопасные технологические схемы альтернативного получения дополнительных энергетических ресурсов и биоудобрений на основе эффективной утилизации органических отходов, способных повысить агротехнические возможности в Кузбассе и по стране в целом.

Ключевые слова: биогаз, биоотходы, биоудобрения, анаэробное брожение, биореактор, ферментатор, метаногенез, психрофильный, мезофильный и термофильный режимы.

В настоящее время наше общество построено по принципу наращивания объемов потребления. Такое положение дел с угрожающей скоростью истощает минеральные природные ресурсы планеты. Переступив рубеж тысячелетий, люди, наконец, начали задумываться о получении энергии из экономически выгодных и экологически чистых, возобновляемых ресурсов. К возобновляемым ресурсам относятся ветряная и солнечная энергия, геотермальная энергия, энергия воды и биоэнергетика. Последняя специализируется на получении возобновляемого, экологически чистого горючего биогаза и считается одной из самых перспективных отраслей, так как имеет ряд преимуществ по сравнению с другими возобновляемыми видами ресурсов [1].

Биогазовые установки применяют в сельскохозяйственной области и пищевой промышленности для утилизации биоотходов. Она представляет собой комплекс инженерных сооружений, который состоит из агрегатов и

емкостей, предназначенных для хранения и подготовки сырья, непосредственно самого производства биогаза, а также его сбора и очистки [2].

По статистическим данным в России общее количество органических отходов сельского хозяйства ежегодно составляет 601 млн. т, из которых можно получить 66 млрд м<sup>3</sup> биогаза или около 110 млрд кВт·ч электроэнергии [3]. Большая часть отходов приходится на АПК – стебли, лузга, солома. При этом ежегодный ущерб от отходов агропромышленного комплекса оценивается в 450 млрд рублей. Например, загрязнение рек и озер сточными водами. По исследованиям, проведенным Институтом энергетической стратегии, до 50% производимой продукции приходится на крестьянские хозяйства. Таким образом, развитие биогазовой промышленности должно идти в двух направлениях: создание крупных биоэнергетических станций и создание фермерских биогазовых установок. К тому же, в России большая часть почв - это малоурожайные почвы, требующие интенсивного внесения удобрений, что также должно стимулировать развитие биогазовых установок, так как они дают эффективное удобрение.

Биогаз – общее название горючей газовой смеси, получаемой при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения) [5]. Процесс производства биогаза может быть разделен на три стадии: гидролиз, окисление (кислотогинез) и образование метана (метаногенез).

Качество биогаза в первую очередь определяется содержанием метана, так как он является горючим компонентом биогаза и напрямую влияет на теплоту сгорания. Целенаправленным управлением процессом на состав биогаза можно повлиять лишь ограниченно. Он, в первую очередь, зависит от состава сырья. Кроме того, на содержание метана влияют технологические параметры, такие как температура брожения, степень загрузки реактора и гидравлическое время пребывания, а также нарушения технологического процесса и применяемый метод биологического обессеривания [4].

Технологический процесс биогазовой установки можно разделить на четыре этапа. К первому технологическому этапу относится подготовка, транспортировка и подача субстрата в реактор. Субстрат собирается в приемную емкость, при необходимости измельчается и доводится до нужной влажности, после чего насосами и через бункер загрузчик подается в биореактор.

Второй технологический этап – получение биогаза, происходит в биогазовом реакторе, который еще называют ферментатором или метантенком. Субстрат, попадая в анаэробный реактор, где создаются условия для оптимизации переработки сырья, подвергается сбразиванию.

Реактор работает по принципу расхода. Это значит, что в него с помощью насоса 6 – 12 раз в день поступает свежая порция подготовленного субстрата. Такое же количество переработанного субстрата вытесняется из реактора в резервуар – хранилище (сливную емкость).

На сегодня нет универсального метода рационального производства

биогаза, в основу которого был бы положен главный критерий, отражающий взаимосвязь между характеристиками исходного материала (отходов), скоростью метаногенеза, технологическими решениями анаэробного сбраживания, конструктивными параметрами отдельных узлов биогазовых установок и климатическими условиями.

За основу создания лабораторной установки был взят патент №2368884 – Лабораторная установка по получению биогаза и учебное пособие для вузов [6].

Оборудование и материалы, использованные для создания лабораторной установки (рисунок 1):

- 1) Колба на 2000 мл, для загрузки исследуемого субстрата;
- 2) Пробка резиновая с отверстием для выводной стеклянной (железной) трубки и термометра;
- 3) 2 крана для перевода газа с колбы на манометр или с колбы в емкость для сбора биогаза;
- 4) Емкость для сбора биогаза;
- 5) Термометр для визуального наблюдения за температурой внутри колбы;
- 6) Плитка для создания нужного температурного режима внутри колбы;
- 7) Манометр для измерения давления газа;
- 8) Реостат для регулирования силы тока и напряжения;
- 9) Субстрат (картофель, свекла, капуста, силос).

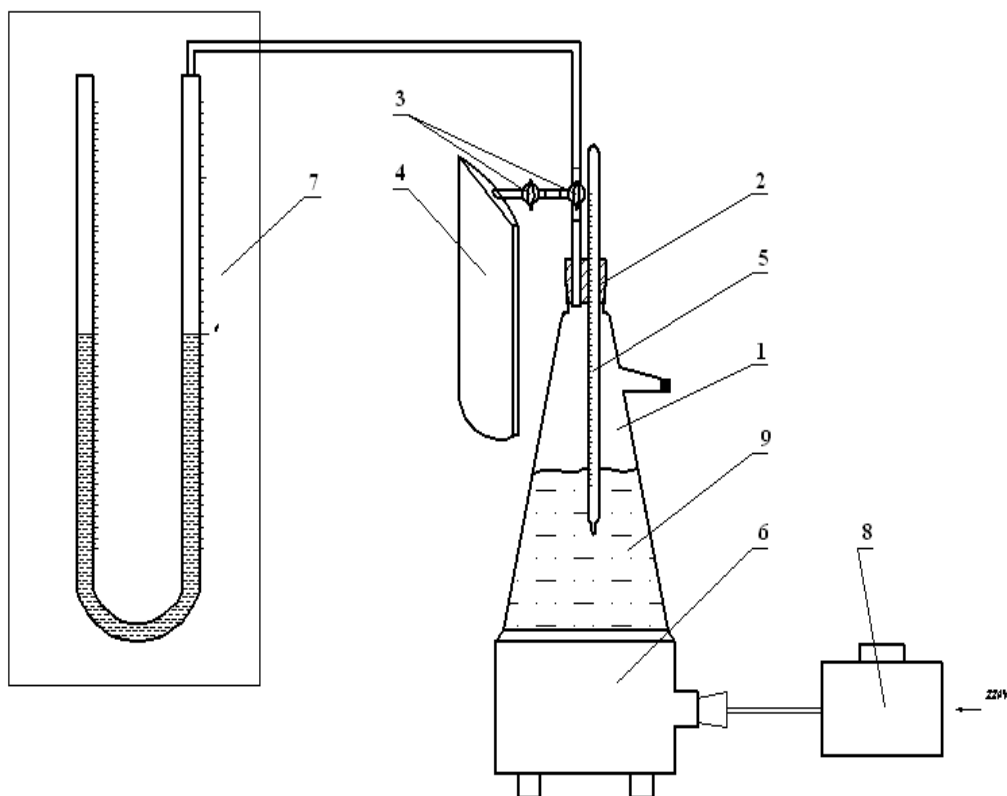


Рисунок 1 - Схема лабораторной установки по получению биогаза

Установка работает следующим образом: в колбу (биореактор) 1 загружают измельченный субстрат весом 800г с исходной влажностью 60 – 80 и заливают теплой (35 – 38 °С) отстоянной водой по достижению суспензии (влажностью 85 – 88%). Колбу плотно закрывают резиновой пробкой 2. Выводная железная трубка подсоединяется крану, с помощью которого можно регулировать движения биогаза на манометр или в емкость для его сбора. В колбе с помощью реостата 8 и плитки 6 поддерживается мезофильный температурный режим (38 °С). По истечении определенного времени (3-5 дней) в колбе создаются анаэробные условия. По мере разложения субстрата происходит образование биогаза. Образующийся биогаз выходит через выводную трубку и поступает на манометр 7, позволяющий замерять объем выделившегося биогаза, тем самым контролировать процесс образования биогаза. Газовый хроматографический анализ выделенного биогаза производится после его сбора в газгольдер 4. Весь технологический процесс длится 14 дней.

График выхода газообразных продуктов из различных субстратов представлен на рисунке 2.

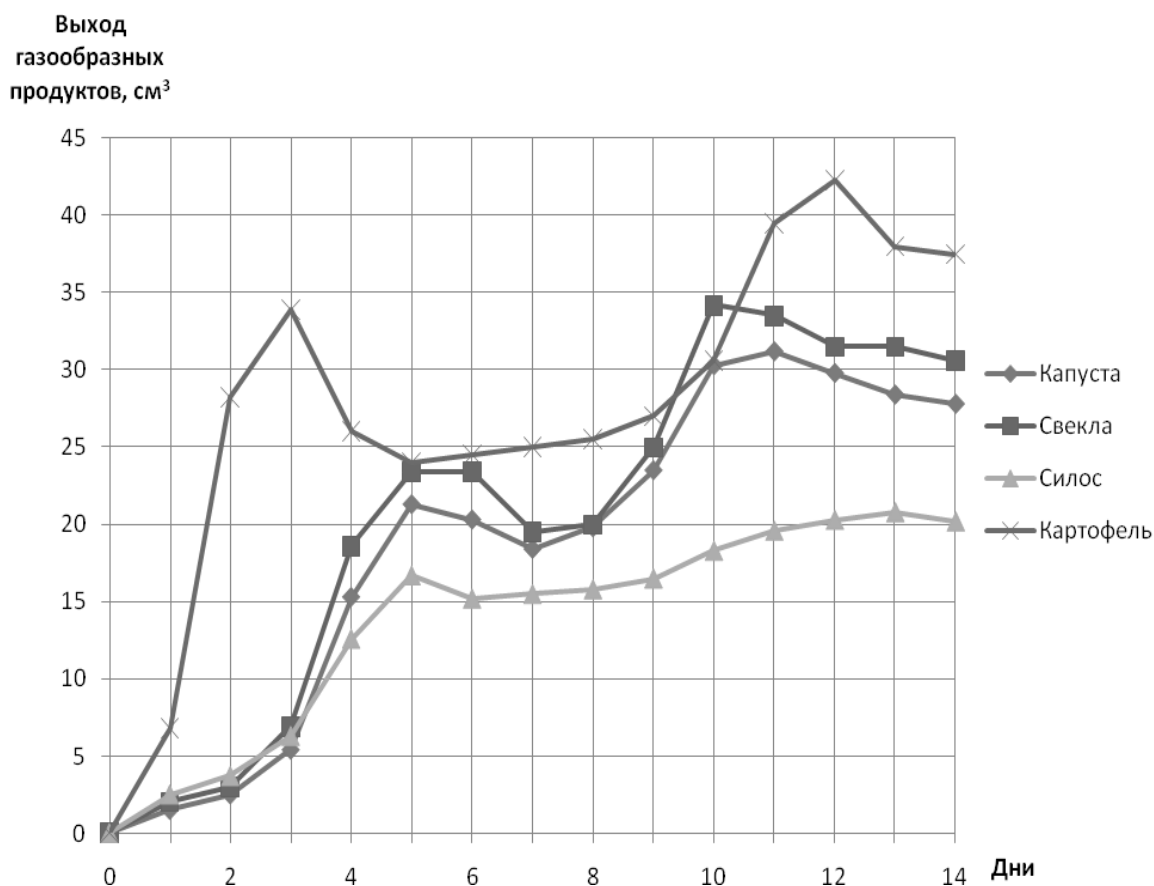


Рисунок 2 – Выход газообразных продуктов из различных субстратов

Все испытываемые субстраты: свеклу, капусту, картофель, силос можно назвать углеводным сырьем, согласно их химическому составу. По процентному содержанию органического сухого вещества субстраты расположились в следующем порядке: свекла (94,2%), капуста (93,6%), картофель (93,2%) и

силос (87,7%).

Сопоставив эти данные можно было рассчитывать на то, что после проведения опытов, содержание метана, в полученном биогазе, будет составлять 50 – 55 %.

#### Библиографический список

1. Биогаз как один из самых эффективных возобновляемых природных ресурсов [электронный ресурс].– Пермь.: Режим доступа: <http://www.rosbiogas.ru/>. – 10.03.2013.

2. Технология получения биогаза [электронный ресурс]. – Пермь.: <http://www.rosbiogas.ru/tehnologija-poluchenija-biogaza.html>. – 12.03.2013.

3. Громова У. Биогаз – альтернативное топливо будущего [электронный ресурс]. – Москва.: Режим доступа: <http://pronedra.ru/alternative/2012/07/10/biogaz/>. – 15.03.2013.

4. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц : пер. с нем. – Германия, 1996.– 181 с.

5. Биогаз: основные характеристики и технология получения [электронный ресурс]. – Москва.: Режим доступа: [http://www.cleandex.ru/articles/2010/02-/10/biogas\\_article1](http://www.cleandex.ru/articles/2010/02-/10/biogas_article1). – 16.03.2013.

6. Федорова А.И. Практикум по экологии и окружающей среды: учеб. пособие для вузов / А.И. Федорова, А.Н. Никольская; – М.: ВЛАДОС, 2001.- 288 с.

УДК 621.311.25 + 620.97

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

**Торосян Е.С., Литовкин С.В., Горлов Д.С.**

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета,  
г. Юрга*

Представлен проект солнечной энергосистемы для второго корпуса Юргинского технологического института. Выполнен выбор типа солнечной электростанции. Представлена структурная схема энергосистемы.

Ключевые слова: альтернативные и возобновляемые источники энергии, первичные источники энергии, солнечная батарея, экология, энергосбережение, энергетическая эффективность.

В связи с увеличением потребления энергии в мире, и одновременно сокращением мировых запасов энергоресурсов, становится всё актуальнее вопрос использования альтернативных и возобновляемых источников энергии, а так же технологий энергосбережения.

Важным направлением экономии топливно-энергетических ресурсов



является использование в энергоснабжении, в том числе и теплоснабжении, возобновляемых источников энергии.

Возобновляемая или регенеративная энергия – энергия из источников, которые по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов и предоставлении для технического применения. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как: солнечный свет, ветер, дождь, приливы и геотермальная теплота, которые являются возобновляемыми (пополняются естественным путем) [1,2].

В Томском политехническом университете целенаправленные действия по энергосбережению наиболее интенсивно проводились в 1992–1996 гг. Старт им дало резкое и многократное повышение цен на электрическую энергию, отопление и горячее водоснабжение. В настоящий момент энергоэффективные мероприятия продолжаются.

В настоящем проекте решается задача по внедрению энергоэффективных и энергосберегающих технологий для второго корпуса ЮТИ ТПУ.

На сегодняшний день существует большое количество технологических и инженерных решений для внедрения ресурсо-энергосберегающих технологий. Для второго корпуса ЮТИ ТПУ, был выбран тип солнечной электростанции с использованием фотоэлектрических преобразователей.

Солнечная электростанция – инженерное сооружение, оснащенное специальным оборудованием, позволяющим преобразовывать солнечную радиацию в электрическую энергию [3].

Солнечные электростанции использующие солнечные модули, в настоящее время очень распространены. Строительство данного типа станции, позволяет установить все оборудование непосредственно на объекте электроснабжения. Устанавливаться фотобатареи могут практически везде, начиная от кровли и фасада здания и заканчивая специально выделенными территориями. Данный тип станции, широко применяется для энергообеспечения как малых (частные коттеджи, санатории, административные и промышленные здания и т. д.), так и крупных объектов (небольшие поселки, исследовательские станции). Параметры мощности варьируются в широком диапазоне, позволяя осуществлять электроснабжения как небольшого посёлка так и отдельных единиц оборудования [4, 5].

На основании технической документации и справочных данных, производился расчет необходимых параметров – электрической мощности, пиковых нагрузок, суточного потребления энергии, солнечной экспозиции. Исходя из анализа полученной информации осуществлялся выбор необходимого оборудования – солнечных батарей, инвертора, контроллера, аккумуляторной батареи.

Структурная схема солнечной энергосистемы, использующая солнечные модули, представлена на рисунке 1.

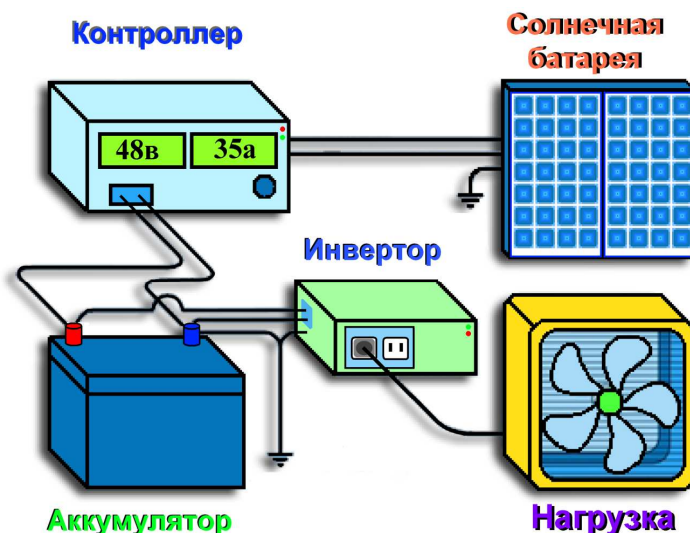


Рисунок 1 – Структурная схема солнечной энергосистемы

Солнечная энергосистема с использованием фотоэлектрических преобразователей включает следующие компоненты:

- солнечные модули, которые преобразовывают энергию солнечной радиации в электроэнергию постоянного тока;
- контроллер – электронный прибор, который включается последовательно в электрическую цепь, между аккумуляторной и солнечной батареями и осуществляет регулировку и контроль зарядного и разрядного тока;
- аккумуляторная батарея - устройство, которое аккумулирует электрическую энергию;
- инвертор - устройство, преобразующее постоянное электрическое напряжение в переменное, с заданными параметрами частоты и амплитуды;
- потребители электрической энергии – нагрузка.

Произведя расчет принимается следующее оборудование:

- инвертор МАП SIN Энергия PRO 48-4,5;
- гелевый аккумулятор фирмы Delta, модель GX12-200;
- контроллер с ProsolarSunStar MPPT SS-80C 80A;
- солнечный модуль FSM 230P.

Реализация представленного проекта, оказала бы положительную социальную значимость. Работа может привлечь внимание население города, на актуальность внедрения альтернативных источников энергии. Продемонстрировать, что работы в этом направлении ведутся, сфера и рынок альтернативной энергетики активно развивается и очень динамичен.

#### Библиографический список

1. Примаков Е.М. Энергетический кризис в капиталистическом мире. М.: Мысль, 1975.-422 с.

2. Гаврилин А.И., Косяков С.А., Литвак В.В. Введение в энергосбережение. Томск: Яворский Издат. дом «Курсив», 2001.- 218 с.
3. Голицын М.В, Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители. М.: Наука, 2004. 159 с.
4. Тлеуов А.Х. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Часть 1 – Использование энергии солнечного излучения: учебное пособие. Астана: КазАУ, 2004. 66 с.
5. Бринкворт Б. Солнечная энергия для человека / пер. с англ. В.Н. Оглоблева; под ред. Б.В. Тарнижевского. М.: «Мир», 1976. 291 с.

УДК 378, 574

## **ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ И СТУДЕНТОВ ВУЗа НА БАЗЕ БИОЛОГО-ХИМИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ**

**Иманкулова Е.А., Божкова И.К., Массон Ю.В., Чынгышбаева Ж.А.**

**Научный руководитель: канд. биол. наук Кохонов Е.В.**

*Томский государственный педагогический университет,  
г. Томск, e-mail [alces2014@yandex.ru](mailto:alces2014@yandex.ru)*

Проект направлен на активизацию и повышение уровня научно-исследовательской деятельности студентов ВУЗа и учащихся общеобразовательных школ в рамках существующей на биолого-химическом факультете Томского государственного педагогического университета биолого-химической школы. Предлагается модель исследовательской деятельности, способствующая построению системы, объединяющей профессорско-преподавательский состав и студентов ВУЗа, учителей-биологов и учащихся общеобразовательных школ, что будет способствовать повышению качества исследовательской деятельности на двух уровнях образования.

Ключевые слова: ФГОС, научно-исследовательская деятельность, биолого-химическая школа, популяционно-экологические исследования.

Актуальность проекта определяется несколькими аспектами, из которых можно выделить следующие:

1. Выпускник современной общеобразовательной школы должен обладать помимо хорошей предметной подготовки определенными компетентностями. Новый ФГОС ООО (Федеральный государственный стандарт основного общего образования) определяет, что выпускник должен владеть навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способностью и готовностью к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания. Таким образом, компетенция решения проблем (исследовательская) является одной из приоритетных.

2. Для выполнения требований ФГОС ООО необходимы учительские кадры, владеющие навыками научно-исследовательской деятельности, способные к воспроизводству новых идей, принятию нестандартных решений.

Цель проекта – повышение качества научно-исследовательской деятельности в ВУЗе и общеобразовательной школе.

Основные этапы выполнения проекта.

1. Подготовительный этап. Около 10 лет на базе биолого-химического факультета ТГПУ проходят занятия биолого-химической школы для учащихся общеобразовательных школ. В настоящее время большинство занятий по дисциплинам биологического профиля проходят в виде лекций, читаемых профессорско-преподавательским составом факультета. Предполагается, что на первом этапе проекта учащимся будет предложен список возможных проектно-исследовательских тем. В основе предлагаемых исследований – темы выполняемых на факультете выпускных квалификационных (дипломных) работ студентов. После ознакомления с тематикой исследований формируются исследовательские группы учащихся, за каждой из которых закрепляется студент, курирующий выполнение исследовательского проекта. Студентом-куратором назначается старшекурсник, работающий над выпускной квалификационной работой. Студент-куратор знакомит учащихся с проблематикой, объектами, методами сбора и камеральной обработки материала предстоящих исследований. Распределяет между учащимися виды предстоящих работ. В настоящее время на факультете, под руководством профессорско-педагогического состава, активно проводятся популяционно-экологические исследования таких систематических групп как пресноводные моллюски, раковинные амебы, малярийные комары, мелкие млекопитающие (грызуны и насекомоядные) и др. Многие из объектов исследований являются видами-биоиндикаторами. Имеются работы по оценке экологического состояния окружающей среды.

2. Этап сбора фактического материала, его камеральной обработки и анализа результатов исследований. В зависимости от конкретной темы и вида работ сбор фактического материала исследований может осуществляться учащимися как совместно со студентом-куратором, так и самостоятельно. Анализ данных и интерпретация результатов осуществляются совместно.

3. Заключительный этап (отчетный). Предварительные результаты исследований обсуждаются на совместных (учащиеся, студенты-кураторы, учителя-биологи общеобразовательных школ, профессорско-преподавательский состав ВУЗа) заседаниях. Окончательный вариант исследований находит отражение в выступлениях на конференциях различных уровней и публикациях.

Все этапы исследовательской работы контролируются и обеспечиваются научно-методической поддержкой профессорско-преподавательского состава Вуза и учителями школ.

Ожидаемые результаты.

1. Учащиеся общеобразовательных школ приобретут навыки проведения научно-исследовательской деятельности. Экологические исследовательские проекты выйдут на новый качественный уровень.

2. Студенты-кураторы получают дополнительную возможность выработки и совершенствования профессиональных навыков. Привлечение учащихся позволит им собрать дополнительный фактический материал для написания выпускной квалификационной работы.

3. ВУЗ повысит качество подготовки учительских кадров с учетом новых требований.

4. Проект будет способствовать укреплению связей между школой и педагогическим ВУЗом и организации непрерывного экологического образования.

5. Реализация проекта может стать основой мониторинговых популяционно-экологических исследований и непрерывного экологического образования.

УДК 504.06: 371.033

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ**

**Митин О.В., Горяев Р.А.**

**Научный руководитель: канд. хим наук Величко А.В.**  
*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Экологический подход к организации учебно-воспитательного процесса рассматривается нами как системообразующий фактор, обладающий наибольшим потенциалом и возможностями для формирования экологического сознания, системы общечеловеческих нравственных ценностей и национального самосознания.

Ключевые слова: образование, экология, воспитание, культура.

В эпоху научно-технической революции значительно обострились противоречия между обществом и природой, и возросла угроза экологической катастрофы. В современной парадигме образования экологическое воспитание рассматривается как важнейший аспект общего образования. Его целью является формирования ответственного отношения к природе - экологической ответственности [1].

Образование всегда футурологично по своей природе. В остром конфликте человека и природы это положение может стать одной из основ содержания образования: от того, как решится этот конфликт, целиком зависит судьба планеты. Экологическое содержание должно пронизать все школьное образование, связать его с повседневным опытом ребенка, выработать чувство ответственности за судьбу окружающей среды [2]. Имеется ввиду не

столько технологические аспекты экологии, сколько, культурный и нравственный. Следовательно, от того, насколько культурным будет человечество, насколько образование будет ориентировано на культурные ценности, зависит продолжение рода человеческого. Учение о ноосфере может стать еще одним - может быть, самым существенным за счет его всеохватное™, стержнем, пронизывающим все области образования.

Формирование экологической ответственности - сложный процесс и его результативность обеспечивается согласованными усилиями идеологии, политики, права, науки, производства, образования, просвещения. В задачи среднего образования входит формирование системы знаний о взаимодействии природы и общества, ценностных ориентации в отношении природы и соответствующих норм поведения. Многоаспектность процесса взаимодействия природы и общества обуславливает участие многих научных дисциплин в его изучении и предопределяет тем самым междисциплинарный характер экологического образования [3]. Реализация междисциплинарного подхода в экологическом образовании требует определения функций каждого учебного предмета, установления межпредметных связей и обеспечения интегративных подходов к анализу взаимодействия природы и общества.

При характеристике естественно-математического цикла учебных дисциплин основное внимание следует уделять раскрытию его политехнического аспекта. В этой связи раскрывается содержание таких понятий, как "рациональное использование природных ресурсов", "экологически чистые источники энергии", "безотходные и малоотходные технологии", "защита окружающей среды", "управление природной средой", "антропогенный фактор" и другие, используя методы активного обучения (семинар межпредметного характера, защита проектов, деловая игра, практические исследовательские работы), которые обеспечивают интегративный подход к анализу взаимодействия общества и природы [4].

Перед предметами естественно-математического цикла стоит задача формирования естественнонаучной картины мира, усиления прикладной направленности обучения. Экологические знания отражены в программах естественно-математических дисциплин с разной степенью глубины, наиболее экологизированы география, биология и химия. В программах ив физике, математике они нашли отражение в меньшей мере.

Примером практической исследовательской работы может служить процесс получения коллоидного золь-гель неорганического силикатного клея из отходов производства ферросилиция [5]. При этом на базе полученного соединения в дальнейшем ученики получают очень интересные с практической точки зрения продукты, такие как огнезащитные составы и пропитки, наполнители для производства самозатухающих полимеров.

Другой очень интересной работой явилось освоение получения металлокомплексов фталоцианина из отходов производства фталевого ангидрида, которые в свою очередь являются активным компонентом катализаторов

процессов очистки углеводородного сырья от сернистых соединений, очистки отходящих газов и сточных вод от соединений серы и азота [6]. Надо отметить, что все синтезы основаны на использовании, кроме промышленных отходов, недорогих и доступных реагентов, таких как каустическая сода, медный купорос, мочевины.

Выполнение практических исследовательских работ повышает интерес школьников к вопросам охраны окружающей среды и рациональному природопользованию.

Таким образом, изучение основ безотходных и малоотходных технологий предполагает усвоение учащимися таких ведущих понятий, как "экологизация производства", "защитные сооружения", "научные принципы производства" и другие.

#### Библиографический список

1. Величко А.В. Экологическое образование как форма гармонизации отношений «человек - окружающая среда»/ А.В.Величко, О.В.Митин, О.В. Ротарь // Сборник научных трудов «Модернизация российского образования» часть 1- Санкт-Петербург: ГНУ ИОВ РАО, 2005.- С.54 - 57.

2. Величко А.В. Экологическое образование, как форма гармонизации системы отношений «человек-природа-общество»/ А.В. Величко, Н.А. Попова, О.В. Митин// Материалы 3-ей Международной научно-технической, посвященной 75-летию УГАТУ «Наука, образование, производство в решении экологических проблем» (Экология - 2006)., Уфа, Т.2, 2006- С. 201 - 203

3. Величко А.В. Влияние экологизации образования на формирование современного специалиста в техническом университете/ А.В.Величко, О.В.Митин, О.В. Ротарь// Сборник научных трудов «Модернизация российского образования» часть 1- Санкт-Петербург: ГНУ ИОВ РАО, 2005 - . С.86-90.

4. Величко А.В. Региональный аспект в экологическом образовании // Сборник научных трудов «Модернизация российского образования» часть 2- Санкт-Петербург: ГНУ ИОВ РАО, 2006.- С.90-93.

5. Черепанов К.А. Получение и использование вяжущего нового поколения - керамической суспензии кремнеземистого состава // Изв. вузов. Черная металлургия, № 10, 2006.- С. 62 - 64

6. Величко А.В. Разработка технологии синтеза металлокомплексов фталоцианина на основе техногенного сырья коксохимического производства/ А.В.Величко, Л.Б.Павлович, Л.А.Самигулина // Кокс и химия, № 5, 2012.- С. 25 – 30.

## **СТРУКТУРА И ЭЛЕМЕНТЫ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО РЕГИОНА**

**Шорохова А.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: shoroxova\_a@mail.ru*

В работе рассмотрена структура и основные элементы социо-эколого-экономической системы, описаны основные направления улучшения экологической обстановки угледобывающих регионов.

Ключевые слова: система, отходы, угольные предприятия, рекреационные зоны.

С каждым годом в Кузбассе увеличивается рост объемов добычи [1] и, как следствие, отходов, большая часть которых не используется, а сбрасывается в отвалы и отстойники, хотя современные технологии по переработке отходов [2, 3] могут обеспечить качественную и разнообразную продукцию (угольные брикеты, строительные кирпичи, органические удобрения). Площади нарушенных территорий для складирования техногенных ресурсов превышает площади городов.

Исходя из этого, накопленные отходы стали одной из главных причин экологического загрязнения, ухудшения социально-экономических условий жизнедеятельности населения. В этой связи являются актуальными исследования по переработке отходов с высвобождением земель, с последующим созданием рекреационных зон для отдыха населения.

Для эффективного управления процессами утилизации отходов и создания благоприятных условий для жителей угледобывающих регионов необходимо рассматривать объект управления как многофункциональную систему. Рассмотрим более подробно структуру и основные элементы социо-эколого-экономической системы угледобывающего региона (рисунок 1), их взаимодействие.

В структуре эколого-экономической системы угледобывающего региона контроль и мониторинг за его экологическим состоянием несут Министерство природных ресурсов и экологии РФ и Региональный государственный экологический надзор (центр). Центр повышает уровень заинтересованности холдингов (агентов), применяя различные экономические механизмы (институциональное управление), такие как штрафные платы и санкций за превышение предельно допустимого уровня выбросов. Однако, угольные предприятия (собственники предприятий) в свою очередь заинтересованы не в экологизации производства, а только лишь в увеличении прибыли. При этом денежные средства, которые вкладываются в природоохранные мероприятия, экологические платежи за выбросы и увеличение площадей



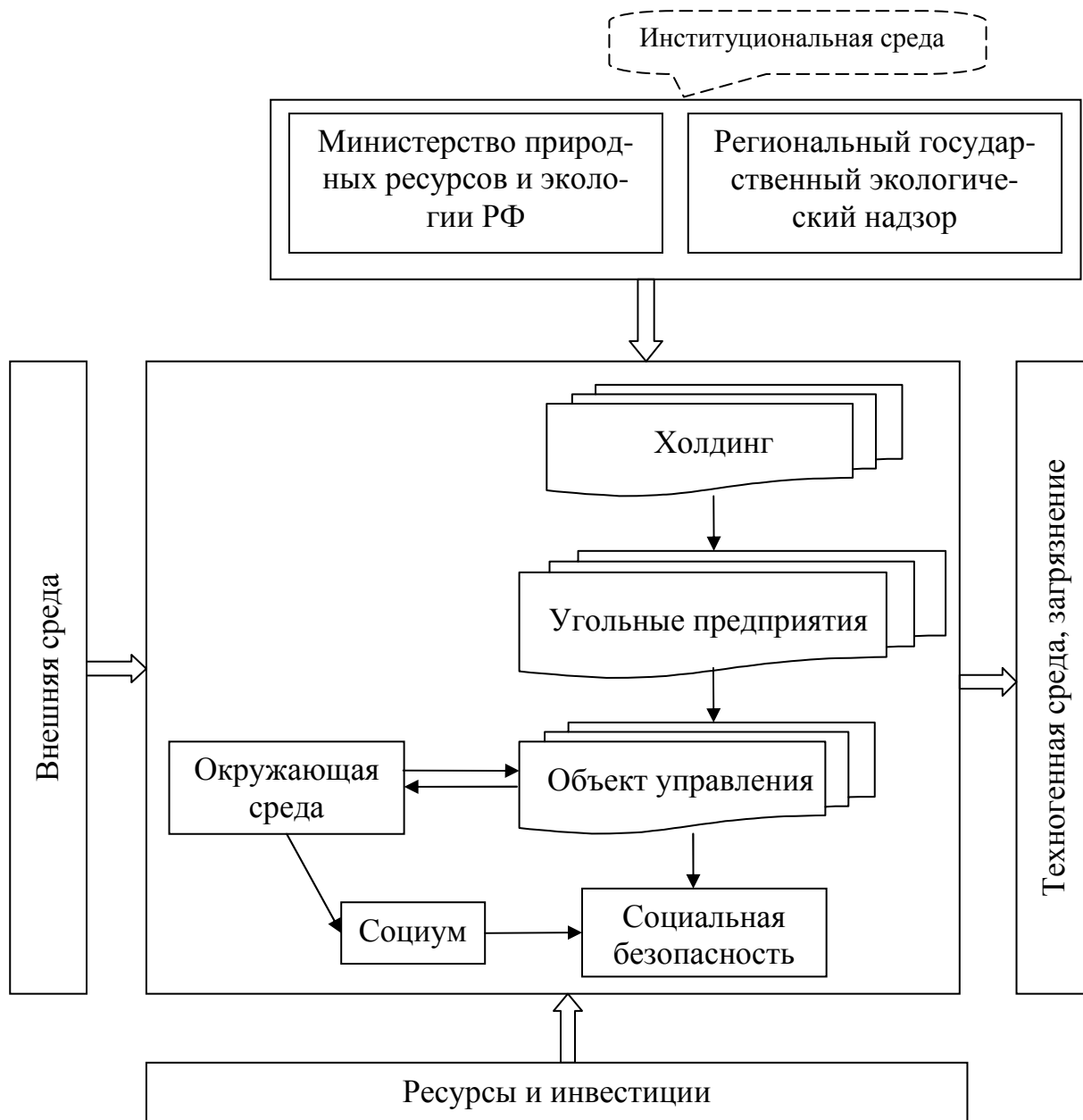


Рисунок 1 – Структура и элементы социо-эколого-экономической системы угледобывающего региона

нарушенных территорий, относится на себестоимость выпускаемой продукции.

Хотелось бы отметить, что переработка отходов как способ снижения техногенной нагрузки необходима предприятиям, так как она является экономически целесообразна. Экономическая целесообразность мероприятий по защите окружающей среды может быть обеспечена за счет увеличения прибыли угольных предприятий, которая формируется в результате выпуска вторичной продукции вследствие переработки отходов. На экономический эффект мероприятий может оказать влияние создание на освобожденных территориях зон шаговой доступности для отдыха населения (парки, водо-

емы, пруды, торгово-развлекательные комплексы и т.д.).

Таким образом, одним из направлений улучшения социо-эколого-экономической системы угледобывающего региона является переработка отходов и создания на освобождённых землях рекреационных зон.

#### Библиографический список

1. Таразанов, И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2011 год [Текст] / И. Г. Таразанов // Уголь, № 3.– 2012.- С. 40 - 51.
2. Кирнарский, А. С. Центробежное обогащение ультратонкого угольного шлама [Текст] / А.С. Кирнарский // Уголь, № 5, 2010.- С. 77 - 80.
3. Минина, Д.О. Технологии переработки горнопромышленных отходов в декоративные материалы [Текст] / Д.О. Минина // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 12, 2012.- С. 354 - 358.

УДК 378 147 : 504.03

### **ОЛИМПИАДА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЯ» КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

**Ложкина Ю.Ю.**

**Научный руководитель: доцент Кабанова Г.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, karamelka\_a5@mail.ru*

В работе отражен опыт работы преподавателей кафедры СибГИУ – ГПЭ и БЖД, ТЭ и Э по подготовке команды студентов к участию в Региональной Олимпиаде по Экологии, посвященной 85-летию ВУЗа.

Методика работы со студентами заслуживает изучения процессов активизации познавательной творческой деятельности студентов, повышения уровня экологической культуры и экологического воспитания.

Ключевые слова: экология, олимпиада, качество подготовки, самостоятельная работа, методика обучения.

На основании Закона Российской Федерации «Об образовании» [1], Распоряжения Правительства РФ «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» [2] можно отметить, что важнейшим приоритетом образовательной политики государства является достижение высокого качества подготовки квалифицированных специалистов.

Необходимым условием на уровне современных требований к качеству подготовки специалистов является развитие познавательного процесса, в том числе при правильной организации самостоятельной работы.

В условиях экологического кризиса актуальным становится изучение

дисциплины «Экология», которая способствует грамотному восприятию изменений среды обитания, формированию у студентов умений по планированию мероприятий по охране природы, решению задач рационального природопользования [3, с.241].

Качество подготовки студентов при изучении дисциплины «Экология» достигается с помощью различного сочетания методов, одним из которых является проведение Олимпиады по экологии.

В 2015 году Сибирскому государственному индустриальному университету исполняется 85 лет – знаменательная дата, сопровождающаяся множеством различных мероприятий, как научного, так и творческого характера. В связи с юбилеем, одним из таких событий стала Региональная Олимпиада по Экологии, проведенная 18-19 марта 2015 г. на базе ВУЗа, подготовкой и проведением которой занимались кафедра ГПЭ и БЖД и кафедра ТЭ и Э.

Важнейшие задачи мероприятия включали в себя повышение уровня подготовки студентов в области Экологии, формирование у обучающихся навыков принятия эффективных решений при анализе эколого технологических ситуаций.

К участию в Олимпиаде приглашались студенты высших и средних учебных заведений Западной Сибири всех специальностей и направлений подготовки, но приняли участие 5 команд: 2 из них с нашей области (г. Юрга, ЮТИ ТПУ и г.Кемерово, КузГТУ), а также соседних регионов – г.Томска (ТГПУ) и Алтайского края (АлтГТУ).

Состав команды включал в себя 5 студентов, 3 из которых участвовали в - I туре, теоретическом, проходящем в форме компьютерного тестирования, 1 человек - во II туре, конкурсе творческих молодежных проектов «Экология - наука и практика», и 1 человек был запасной, что соответствовало регламенту.

Для первого тура была подготовлена база тестов из 800 заданий, разработанных сотрудниками кафедры ГПЭ и БЖД.

Подготовка студентов осуществлялась во внеаудиторное время, большая часть времени занимала самостоятельная работа с привлечением справочной литературы, учебников и интернет-ресурсов.

Методика подготовки была отработана и затем успешно реализована при проведении Олимпиады, начиная с 2003 г.

Как же осуществлялась подготовка? Предложенные примерные тестовые задания были распределены равномерно между членами команды, каждый из которых отвечал сначала на свои вопросы, а затем проводилось совместное обсуждение с консультацией руководителя команды.

Так как тесты были поставлены по 6 дидактическим единицам, это гарантировало глубину проработки материала, а совместное обсуждение (круглый стол) позволяло осуществить переход от информативного обучения к проблемному с развитием творческих способностей будущих специалистов. Кроме того, можно отметить активизацию познавательной деятель-

ности и рост личной заинтересованности в результатах работы самих студентов. Очень часто в процессе подготовки звучали выражения: «Мне нравится..», «Хочу совершенствоваться в этом направлении» и другие.

Как результат, команда СибГИУ заняла общекомандное первенство в теоретическом туре, в личном первенстве лидировал капитан команды Шепелев В., гр. МСП-10.

Творческий проект, разработанный студенткой II курса - Чикуровой И. занял II место. Интерес представляла тема проекта: «Экологически безопасная технология получения биогаза из органических отходов». В условиях лаборатории кафедры ТЭ и Э была создана и испытана установка для получения биогаза, сопутствующим продуктом которого являются биоудобрения, способные повышать агротехнические возможности не только в Кузбассе, но и стране в целом.

Если учесть, что территория Кузбасса занята предприятиями угледобычи и металлургии, которые по технологическому процессу в качестве отходов производят тонкодисперсные угольные шламы, хранящиеся в гидротвалах, отстойниках, то актуальность темы очевидна. На сегодняшний день в Кузбассе уже имеется около 25 млн. т угольных шламов, перевод которых в технологически приемлемое топливо позволит улучшить экологическую обстановку и получить существенный экономический эффект.

Все без исключения доклады были посвящены решению экологических региональных проблем, что значительно увеличивает их практическую значимость.

Общее мнение всех участников Олимпиады было, безусловно, положительным, студенты напоследок обменялись мнениями и пришли к выводу о том, что необходимо вносить вклад в общее и, несомненно, важное для всех дело – улучшение экологической обстановки территорий, на которых мы проживаем, а также страны в целом, создавая при этом новые. В заключение хочется отметить, что благодаря такой организации процессов подготовки и проведения Олимпиады, возможности использования многолетнего опыта преподавателей кафедры ГПЭ и БЖД, ТЭ и Э, достигнуты отличные результаты.

Использование методики подготовки студентов по Экологии в учебном процессе будет способствовать повышению качества подготовки специалистов. На сегодняшний момент очень важно, чтобы экологическая культура и воспитание стали неотъемлемой частью образовательного процесса в техническом ВУЗе.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «Об образовании в Российской Федерации» (29 декабря 2012 г.): КонсультантПлюс.– М.: consultant.ru, 1997-2014.- Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

2. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 N 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года»: КонсультантПлюс.- М.: consultant.ru, 1997-2014. – Режим

доступа: <http://www.consultant.ru>;

3. Использование интерактивных методов обучения в процессе изучения естественнонаучных дисциплин (на примере дисциплины «Экология» в техническом ВУЗе) Ложкина Ю.Ю., Кабанова Г.М., Семина И.С. // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов/ Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.- 424 с.

УДК 502.1

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРА В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Юров А.А.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Коротких Н.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрены физические и психофизиологические особенности работы операторов в условиях металлургического производства, действие опасных и вредных факторов, приведена таблица с классами опасности.

Ключевые слова: действующие факторы производственной среды, оператор, физические особенности, психофизиологические факторы.

Для города Новокузнецка, металлургия является основной сферой работ. В нем располагается 4 крупных завода по производству и обработке стали.

Работа оператора в условиях металлургического производства, представляет собой сложную систему с воздействием не только физиологических, но и психофизиологических факторов, подробно представленных в таблице 1. Для управления рабочим процессом, оператору необходимо принимать и обрабатывать большой объем информации, в результате чего он испытывает нервное перенапряжение. Увеличение количества информации снижает скорость ее приема, в результате чего оператор начинает ошибаться.

Таблица 1 – Физические и психофизиологические факторы

Действующий фактор производственной среды и трудового процесса	Единицы измерения	Нормируемое значение параметров фактора	Фактическое значение параметров фактора	Класс опасности
<i>Физические</i>				
Шум	дБа	80	90	2
Вибрация	дБ	92	110	3
Освещение	Лк	300	Зависит от погодных условий	2

Продолжение таблицы 1

Действующий фактор производственной среды и трудового процесса	Единицы измерения	Нормируемое значение параметров фактора	Фактическое значение параметров фактора	Класс опасности
Температура	оС	18-23	От -30 до 30 оС	2
Скорость движения воздуха	м/с	0,1-0,3	Зависит от погодных условий	1
Относительная влажность	%	30-60	Зависит от погодных условий	1
<b>Тяжесть труда (психофизиологические)</b>				
Статическая нагрузка	кгс*с	До 12000	1700	1
Физическая динамическая нагрузка	Региональная нагрузка (до 5000 кг*м, 1000), общая нагрузка (до 25000 кг*м, 10000)			1
Масса поднимаемого и перемещаемого груза в ручную	Разовый подъем с чередованием нагрузки (до 30 кг, 8)			1
	Подъем и перемещение тяжести постоянно в течении рабочей смены (до 15 кг, 7)			2
Суммарная масса грузов перемещаемая в течении каждого часа смены	А) с рабочей поверхности (870 кг, 300)			2
	Б) с пола (435 кг, 200)			2
Стереотипные рабочие движения (количество за смену)	При локальной нагрузке с участием мышц, кистей и пальцев рук (до 40 тыс, 44 )			3
	При региональной нагрузке с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса (до 20 тыс, 20)			2
Статическая нагрузка. Величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий	Одной рукой (до 36000 кгс, 20000)			2
	Двумя руками (до 70000 кгс, 40000)			2
	С участием мышц корпуса и ног (до 10000 кгс, 21500)			3
Рабочая поза	Свободная удобная поза стоя (до 40 %, 10)			1
	Периодическое нахождение в неудобной позе (до 25 %, 85)			3
<b>Напряженность труда</b>				
Содержание работ	Решение простых задач по инструкции			2
Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операция			2
Распределение функций по степени сложности задания	Обработка выполнения задания и его проверка			2
Характер выполняемой работы	Работа по установленному графику с возможной ее коррекцией по ходу деятельности			2
Нагрузки на слуховой анализатор	Разборчивость способов и сигналов от 50 до 20%, имеются помехи на фоне которых речь слышна на расстоянии до 2м			3

Окончание таблицы 1

Действующий фактор производственной среды и трудового процесса	Единицы измерения	Нормируемое значение параметров фактора	Фактическое значение параметров фактора	Класс опасности
Нагрузка на головной аппарат	час.	до 6	6	2
Степень ответственности за результаты собственной деятельности.	Несет ответственность за функциональное качество основной работы.			3
Степень риска для собственной жизни		вероятна		3
Степень риска за безопасность других лиц		возможна		3
<b>Монотонность труда</b>				
Число элементов необходимых для реализации простого задания		9-6	4	2
Продолжительность выполнения простых производ. заданий	сек	100-25	70	2
Время активных действий	%	20 и более	80	3
Монотонность производственной обстановки	%	76-80	50	3
<b>Режим работы</b>				
Фактическая продолжительность рабочего дня		8-9	8	2
Сменность работы		двухсменная работа (без ночной)	2-х сменная без ночной смены	2
Наличие регламентированных Перерывов и их продолжительность		перерывы регламентированы	7% и более рабочего времени	1
<b>ИТОГОВЫЙ КЛАСС УСЛОВИЙ ТРУДА</b>				<b>3</b>

В нашей работе мы рассматриваем оператора крана. Деятельность оператора крана, прежде всего, связана с постоянными нервно – психическими перегрузками, которые существенно влияют на функциональное состояние организма работника и его работоспособность. Оператор крана несет ответственность не только за кран, на котором осуществляет свою профессию-

нальную деятельность, но и за рабочих цеха, которые взаимодействуют с краном или осуществляют производство.

Психологические факторы напрямую связаны с организацией работы: степенью широты и свободы, принимаемых работником решений, уровнем его влияния и управления собственной рабочей ситуацией, возможностью выбора путей и сроков выполнения задания и контроля над ним.

Одним из ключевых факторов является поза оператора. Поза считается выбранной правильно, если проекция общего центра тяжести условно лежит в пределах площади опоры. Выбор правильной позы крайне важен, особенно если работа сопровождается постоянным напряжением экстероцептивных органов, таких как: слух, зрение. Постоянное напряжение организма в неправильной позе может приводить к преждевременным перегрузкам и как следствие возникать усталость, вялость, подавленность.

Еще одним из важных факторов является интенсивность труда или напряженность рабочего. Интенсивность характеризуется количеством энергии, затраченной в единицу времени (Дж/ч) [1; С 386].

В течение рабочего дня работоспособность человека претерпевает изменения, обусловленные психофизиологическими особенностями человека. В зависимости от сложности труда и психофизиологических особенностей человека первая фаза (вработываемости) длится от 10 - 15 минут до 1 - 1,5 часа. Вторая фаза (устойчивой работоспособности) длится 2 - 2,5 часа. Третья фаза (спада работоспособности) длится около часа.

После обеденного перерыва фаза вработываемости длится 5 - 30 минут, фаза устойчивой работоспособности – 2 часа, фаза спада работоспособности - 1 - 1,5 часа. За 10 – 15 минут до конца работы может наблюдаться кратковременный всплеск работоспособности.

В целях снижения утомляемости и повышений производительности необходимо менять ритм работы.

Постоянное переутомление из-за больших производственных нагрузок и необходимости сдачи плана в срок оказывают давление на нервную систему, это может приводить к головным болям, повышению давления, а в некоторых случаях и к нервным срывам [2; С 204].

Наши данные по психодиагностическому опросу у 45 человек работающих на ЕВРАЗ ЗАСМК показали, что повышенная тревожность наблюдается у 54% испытуемых, а у 8% она находится в критическом диапазоне, что приводит к постепенному стабильному разрушению нервной системы. Показатели тревожности и агрессивности очень высоки, более 60%, а это значит, что они могут испытывать психические трудности и направлять негативные воздействия внутрь себя.

От оператора крана требуется очень большая концентрация внимания, а в некоторых работах и точность. Не что не должно его отвлекать и мешать осуществлять производственный процесс. От одной его ошибки может зависеть жизнь человека. Оператор должен обладать хорошим слухом и зрением,



хорошей координацией движений и быстрой реакцией. Поэтому очень важно, перед началом работ позаботится о средствах защиты от воздействия вредных факторов.

Таким образом, можно сделать вывод, что только овладев своим психическим состоянием, достигнув полной психологической и физиологической гармонии, приняв все меры защиты своего организма можно работать не переживая за свое здоровье. Необходимо помнить, что здоровье в трудовой деятельности нужно ставить на первое место и оператор крана здесь не исключение, а скорее на оборот. А чтобы лучше понять, что такое здоровье, приведем формулировку ВОЗ: здоровье – это состояние полного физического, социального и психического благополучия, а не просто отсутствие болезней или физических дефектов.

#### Библиографический список

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности [Текст] / С.В.Белов.- М.: Высш. шк., 2006.- 606 с.
2. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Текст] / Р2.2 2006 -05.

УДК 628.3(571.17)

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ПРИ ПОМОЩИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Койнов С.А.**

**Научный руководитель: доцент Кабанова Г.М.,  
Ложкина Ю.Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: s.kojnov2010@mail.ru*

В работе выявлены распространенные загрязнения источников природных вод, рассмотрены альтернативные методы очистки воды. Как наиболее перспективный и эффективный выбран метод использования мембранных технологий. Рассмотрены конструкции мембран. Рекомендованы наиболее эффективные мембранные фильтры.

Ключевые слова: качество природных вод, мембранные технологии, способ очистки сточных вод, конструкции мембран.

На территории Кемеровской области располагается около 1/3 основных производственных фондов западной Сибири, из этого следует, что большинство водных источников не отвечает нормативным требованиям к качеству воды. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных воды обнаруживают тенденцию увеличения загрязнения водных объ-

ектов. Кемеровская область как это не плачевно стоит на первом месте по загрязненности сточных вод [1].

По данным Кемеровского областного комитета по охране природы и рациональному природопользованию ежегодно на одного жителя области приходится более 230 кубических метра загрязненных сточных вод [2]. Это в 1,5 раза выше, чем в среднем по РФ. На многих предприятиях остаются устаревшие системы очистки сточных вод. И многие предприятия области в последние годы сбрасывают стоки, не достигшие нормальной очистки.

Около 3 млн. человек населения Кузбасса обеспечивают водой из бассейна реки Томь. Это главная водная артерия области и её использование должно решаться на областном уровне, а некоторые вопросы согласовывать с Томской областью. Также сложилась неблагоприятная ситуация с бактериальным загрязнением. Бывшая ранее нерестовой река Томь практически полностью утратила свое рыбохозяйственное значение. Неуправляемое хозяйство в русле и на пойме реки (добыча песчанно-гравийных смесей, подрезка берегов и склонов, вырубка и сплав леса, работа золотодобывающих драг) активизировало процессы заиливания русла реки, обмеление её фарватера, снижение её судоходных возможностей.

Реки бассейна реки Томи загрязняют сточные воды промышленных предприятий области (горнодобывающие, металлургические, химической, деревообрабатывающей промышленности, агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства и многие другие). Основными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, фенолы, соединения азота, легкоокисляемая органика, железо общее, в отдельных створах марганец, медь, цинк.

Среднегодовая концентрация нефтепродуктов по сравнению с 2010 г. Уменьшилась и составила 1,0 ПДК (выше г. Кемерово).

В течение года проводилось биотестирование проб воды реки Томи, отобранных в двух створах г. Кемерово, исследовалось 22 пробы воды, острой токсичности не выявлено.

Качество воды в реке Томи по обобщенному показателю УКИЗВ (удельный комбинированный индекс загрязненности воды) по сравнению с 2010 годом ухудшилось в створе ниже г. Новокузнецка, если в 2010 г. вода характеризовалась как «загрязненная» (УКИЗВ=2,19), то в 2011 г. – «очень загрязненная» (УКИЗВ=3,63) [3].

Традиционные способы очистки воды – механические, химические или реагентные - не обеспечивают необходимую эффективную очистку. Все большее внимание в настоящее время уделяется поиску перспективных, новых, более компактных, дешевых, простых в эксплуатации методов очистки воды. К числу таких методов подготовки питьевой воды относятся мембранные методы: ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

Различия в методах состоят в уровне очистки воды. Ультрафильтрационные мембраны, имеющие размеры пор от 0,002 до 0,1 мкм, могут задержи-

вать высокомолекулярные органические вещества (гуминовые и фульвокислоты), взвешенные и коллоидные вещества (например, коллоиды гидроокиси железа), бактерии и вирусы.

Наночисточные мембраны, имеющие размер пор (5 – 50 нм, или 0,05 – 0,005 мкм), соизмеримый с размерами молекул воды, эффективно снижают содержание растворенных в воде органических и неорганических веществ: ионов жесткости, железа, стронция, фторидов, тяжелых металлов, хлорорганических веществ.

Обратноосмотические мембраны имеют поры диаметром менее 10 нанометров (менее 0,001 мкм), работают при давлениях до 100 бар и позволяют осуществлять глубокое обессоливание, или деминерализацию. Применяется способ очистки для сверхчистой воды для производственных нужд, а также для опреснения морской и солоноватых подземных вод, причем степень обессоливания (селективность) составляет не менее 92 - 97 % [4].

Механизм обратного осмоса состоит в том, что мембраны собирают воду, которая в поверхностном слое не обладает растворяющей способностью, и через поры мембраны будет проходить только чистая вода, несмотря на то, что размер многих ионов загрязнителей меньше, чем размер молекул воды. Это объясняется явлением адсорбции молекул воды у поверхности мембраны. Механизм гиперфильтрации при обратном осмосе через пористую мембрану объясняется тем, что поры такой мембраны достаточно велики, чтобы пропускать молекулы растворителя, но слишком малы, чтобы пропускать молекулы растворенных веществ. При обратном осмосе отделяются частицы (молекулы, гидратированные ионы), размеры которых не превышают размеров молекул растворителя, при этом мембраной задерживаются как высокомолекулярные вещества, так и большая часть низкомолекулярных веществ, а проходит через поры мембраны только почти чистый растворитель. Обратный осмос принципиально отличается от обычного фильтрования. Если при обычном фильтровании образуется поток фильтрата в виде очищенного раствора (воды) и осадок откладывается на фильтровальной перегородке, то при обратном осмосе образуются два раствора, один из которых обогащен растворенным веществом. Механизм проницаемости при обратном осмосе значительно сложнее. При фильтрации водных растворов в порах лиофильной мембраны имеется слой связанной воды, которая уменьшает размеры пор и препятствует прохождению сильно гидратированных ионов. В то же время лиофильность мембраны способствует прохождению молекул воды.

Мембраны могут быть различной геометрической формы: трубчатые, полволоконные и плоские. Трубчатые диаметром от нескольких миллиметров до 1 – 2 см, изготовленные из пористого материала, например керамики. При этом они могут быть симметричные или асимметричными. Симметричная мембрана имеет одинаковую пористость по всему объему материала, у

асимметричной же трубки на одной из поверхностей – наружной или внутренней – при изготовлении формируют тонкий слой такого же или другого материала гораздо с большей плотностью.

Мембраны в виде полых волокон (Hollow Fibre) тоже имеют трубчатую форму, но их диаметр составляет обычно от 0,1 до 0,5 мм. Из-за такого малого размера в единицу объема фильтрованного аппарата можно поместить огромное количество волокон, и их суммарная рабочая поверхность будет в десятки или в сотни раз выше, чем у трубчатых мембран большего диаметра [5].

Плоские мембраны – производят в виде пленок, которые могут быть бесподложечными, армированными (с тканевой основой и нанесенным пористым материалом) и подложечными (с подложкой из крупнопористого материала и нанесенным рабочим слоем).

#### Библиографический список

1. Электронный ресурс/ Режим доступа: [www.rightecology.ru](http://www.rightecology.ru).
2. Электронный ресурс/ Режим доступа: [www.bibliofond.ru](http://www.bibliofond.ru).
3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
4. Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.ecopole.ruhttps://ru.wikipedia.org>.
5. Электронный ресурс/ Режим доступа: <http://www.ecopole.ruwww.geo.ru/ekologiya>.

УДК 504.062.2:628.336.6

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

**Павелко Т. С.**

**Научный руководитель: доцент Кабанова Г.М.**

**Ложкина Ю. Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: [pavelko.tanya00@gmail.com](mailto:pavelko.tanya00@gmail.com)*

В работе рассмотрены применяемые в настоящее время методы рационального использования осадков сточных вод. Выявлены достоинства используемых методов. Определены варианты вторичного использования утилизируемых осадков сточных вод.

Ключевые слова: рациональное использование осадков сточных вод, осадки сточных вод, методы очистки, захоронение осадков, утилизация.

Мировое водопотребление на планете Земля составляет от 7 до 8 млрд т/сут. Происходит непрерывный рост водопотребления в различных

сферах жизнедеятельности. Распределение вод на Земле выглядит следующим образом, % от общих мировых запасов воды: Мировой океан - 96,53 %; Ледники и снега полярных и горных областей – 1,74 %; Подземные воды - 1,69 %; Озера - 0,014 %; Почвенная влага – 0,001 %; Болота - 0,0007 %; Речные воды - 0,0002 %. В результате деятельности человека происходит антропогенное загрязнение гидросферы. Составной частью очистки сточных вод является обработка и утилизация образующихся осадков. Наличие в составе осадков сточных вод органических и минеральных соединений, бактериальных загрязнений обуславливает ограниченное их использование и неэффективность методов утилизации.

К основным методам обезвоживания осадков относится метод статического обезвоживания. Сущность метода заключается в фильтрации жидкой фазы осадка через стенки геотуб. Перед подачей в геотубы осадок обрабатывается специальными добавками: полимерным флокулянтom - для повышения эффективности фильтрации; стабилизатором для подавления процесса гниения органической части; специальным реагентом - для связывания солей тяжелых металлов. Основные преимущества данной технологии заключаются в следующем: в ходе эксплуатации не требуются затраты на запчасти и фильтровальные ткани; себестоимость обезвоживания в контейнерах - геотубах на 20 – 30 % ниже, чем при аппаратурных процессах; возможность обезвоживания сырья или отхода на месте утилизации, временного складирования или постоянного захоронения [1].

В настоящее время применяется инновационная технология обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках. На каждой иловой площадке с одной стороны установлен смеситель для перемешивания шлама с раствором флокулянта, а на противоположной стороне - щелевой колодец с прорезями определенной формы. Процесс обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках с применением флокулянта позволяет: получить осадок влажностью 70 - 75 %, а после его размещения в накопителях снизить влажность до 40 %; обеспечивать круглогодичный процесс обезвоживания [2].

Основные методы использования осадков сточных вод:

#### 1. Захоронение осадков.

Захоронение осадков сточных вод следует применять только в случаях невозможности утилизации по техническим или экономическим причинам. Существует несколько способов захоронения осадков. Наибольшее распространённые траншейный и полигонный способы захоронения. После полной загрузки полигонов и укрытия растительным слоем грунта их поверхность можно использовать для обустройства парков, садов, игровых и спортивных площадок.

#### 2. Утилизация осадков в качестве удобрений.

Использование осадков при условии соответствия состава их техниче-

ским требованиям, в том числе по обеззараживанию, имеет большое народно-хозяйственное применение: существенно помогает увеличить плодородие почв; устраняет загрязнение окружающей среды; сокращает расходы химикатов на удобрение.

3. Получение кормовых продуктов на базе избыточного активного ила.

При биологической очистке сточных вод образуется большое количество избыточного активного ила, который может быть использован как полноценный кормовой продукт, названный «белвитамилом». Бактериальная природа активного ила обуславливает высокое содержание в нем белковых веществ, аминокислот, микроэлементов, витаминов группы В, в том числе и В12.

4. Получение товарных продуктов.

В активном иле, выделяемом в результате биологической очистки сточных вод, обнаружено около 60 % жиров типа нефтепродуктов. Эти вещества обладают высокой вязкостью, позволяющей использовать их для производства смазок и лучше всего консистентных. Они применяются для тяжело нагруженных механизмов, работающих под большим давлением или при высоких температурах.

5. Получение материалов для строительной промышленности.

Экономическая эффективность технологии приготовления асфальтобетонной смеси с наполнителем из осадка сточных вод заключается в снижении стоимости 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона на 4 – 6 % за счет замены минерального порошка осадком сточных вод. Экологическая эффективность утилизации в 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона до 20 кг сухого осадка в снижении платы за размещение отходов. Наблюдения в течение 6 лет подтвердили высокое качество покрытия [3].

Таким образом, защита водных ресурсов от истощения и загрязнения – одна из наиболее важных проблем, требующих безотлагательного решения. Приведенные методы использования осадков сточных вод подтверждают возможность вовлечения их в хозяйственный оборот. Это позволяет решить ряд экологических и хозяйственных проблем.

#### Библиографический список

1. Беляева С.Д. Новые национальные стандарты по использованию и размещению осадков сточных вод/ С.Д. Беляева, Е.В. Короткова // Водоснабжение и санитарная техника, №4, 2013.- С. 5-9.

2. Рублевская О.Н. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод/ О. Н. Рублевская, А.Л. Краснопеев // Водоснабжение и санитарная техника, №4. 2011.- С. 65-69.

3. Похил Ю.Н. Инновационная технология обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках/ Ю. Н. Похил, Ю.Г. Багаев, Н.А. Иванов и др. // Водоснабжение и санитарная техника, №4, 2011.- С. 58-61.

## **БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНОГО ОТВОДА ОАО «ЛУГОВОЕ»**

**Савченко С.В.**

**Научный руководитель: доцент Кабанова Г. М.**

**Ложкина Ю. Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: svetasveta9606@yandex.ru*

В работе обоснована необходимость рекультивации участков нарушенных земель в процессе угледобычи на территории Кузбасса. Этапы и содержание рекультивационных работ рассмотрены для ОАО «Луговое». Особое внимание уделено биологической рекультивации, выбраны растения и кустарники, которые хорошо зарекомендовали себя на территории Кемеровской области.

Ключевые слова: рекультивация, нарушенные земли, предпосевная обработка, биологическая продуктивность.

Участок рекультивации расположен в пределах горного отвода ОАО «Луговое». Шахтное поле расположено в центральной части Киселевского месторождения Кузнецкого бассейна.

В пределах земельного отвода, отведенного ОАО «Луговое» согласно договору аренды, часть земель к настоящему времени рекультивирована и передана городу. На сегодняшний день предусматривается рекультивация оставшихся нарушенных земель. В данной работе рассмотрено проведение биологического этапа рекультивации участка нарушенных земель, расположенных в пределах горного отвода ОАО «Луговое». При изучении вопроса решались следующие задачи:

- подготовка рекультивируемых земель к посеву многолетних трав;
- посев многолетних трав;
- посадка деревьев и кустарников;
- организация работ биологического этапа.

Участок рекультивации состоит, в основном, из коренных пород, т.е. из смеси алевролитов и аргиллитов, поэтому есть необходимость предварительного нанесения потенциально-плодородных пород на платообразную поверхность и откосы. Весной при наступлении физической спелости (влажность 95 - 97 %) на рекультивируемых участках предусмотрено внесение органоминеральных удобрений.

Заделка удобрений и рыхление грунтов на глубину до 0,1 м производится дисковой бороной. Прицепные дисковые Х-образные бороны рекомендуются для обработки плотных грунтов, т.к. обеспечивают качественное измельчение и перемешивание почвы и органических остатков.

Вслед за проходом дисковой бороны проводится обработка грунтов

активной бороной, обеспечивающей создание ровной взрыхленной поверхности.

При создании противоэрозионного озеленения в виде плотного и прочного дернового слоя на платообразных поверхностях и покатых склонах используются наиболее перспективные виды трав, эколого-биологические свойства которых соответствуют почвенно-климатическим условиям местности. Это такие травы, как люцерна гибридная, она широко распространена в посевах многолетних трав Сибири. Ее характеризуют, как многолетнюю траву с мощной корневой системой и длительным периодом произрастания. А также кострец безостый – долголетняя трава, пригодная для посева, как в чистом виде, так и в смеси с бобовыми компонентами. Овсяница луговая – рыхло-кустовой злак, ценное кормовое растение, хорошо поедается скотом и хорошо отрастает после стравливания; выдерживает сильное выбивание скотом [1].

По хорошо развитому травостою второго года жизни высаживаются древесно-кустарниковые породы:

1. Сосна обыкновенная – светолюбива, образует леса и рощи на хорошо дренированных почвах и скальных грунтах.

2. Облепиха крушиновидная является одной из ведущих древесно-кустарниковых пород в планах лесной рекультивации на техногенных почвогрунтах Кузбасса.

3. Сирень – вырастающий до 6 метров древовидный лиственный кустарник, быстро разрастающийся, со светло-зеленой листвой.

Площадь, предназначенная под посадку деревьев и кустарника, составляет 31,7 га. Лучшим временем года для посадки является весна (с апреля до июня), после схода снега и оттаивания грунтов до глубины 35 – 40 см.

Успешное выращивание культур на рекультивируемых землях возможно только при систематическом и качественном уходе за саженцами.

В состав работ по уходу за лесными культурами входят ремонт посадок, борьба с сорняками, рыхление и обработка фунгицидами (байлетон и др.) против заболеваний [2].

Все работы биологического этапа рекультивации выполняются по договору ОАО «Луговое» с подрядной организацией. После смыкания кроны лесных культур, как правило, через 5 лет, ряды посадок по мере необходимости прореживают. Высохшие, угнетенные и поврежденные деревья и кустарники убираются, производится перевод земель в покрытые лесной растительностью. Рекультивированные земли возвращаются основным землепользователям – администрации г. Киселевска.

Таким образом, земельные участки в период осуществления биологической рекультивации в сельскохозяйственных и лесохозяйственных целях должны проходить стадию мелиоративной подготовки, т.е. биологический этап должен осуществляться после полного завершения технического этапа. Для успешного проведения биологической рекультивации важное значение



имеют исследования флористического состава формирующихся сообществ, процессов восстановления фиторазнообразия на нарушенных промышленностью землях, когда катастрофически уничтожены почвенный и растительный покровы. Биологический этап рекультивации нефтезагрязненных земель включает комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почвы. [3] Биологический этап заключается в подготовке почвы, внесении удобрений, подборе трав и травосмесей, посеве, уходе за посевами. Он направлен на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, создание сомкнутого травостоя и предотвращение развития водной и ветровой эрозии почв на нарушенных землях.

#### Библиографический список

1. Чибрик Т.С. Основы биологической рекультивации: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002.- 172 с.
2. Инструкция по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте нефтепроводов от 6 февраля 1997 г. N РД 39-00147105-006-97.
3. Электронный ресурс/ Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>.

УДК 662.6

## ОСВОЕНИЕ «НЕУДОБНЫХ» И «НАРУШЕННЫХ» ТЕРРИТОРИЙ

**Филатова В.С.**

**Научный руководитель: доцент Кабанова Г.М,  
Ложкина Ю.Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В Кемеровской области сосредоточены огромные запасы каменного угля, которые оцениваются в 524,4 млрд. т. Общая площадь Кузнецкого бассейна насчитывает 27 тыс. км<sup>2</sup>. В настоящее время добычу угля в регионе ведут более 50 шахт и 30 угольных разрезов, которыми в 2007 году было добыто 210 млн. т. Добыча угля сопровождается огромным экологическим ущербом. Так на 1 млн. т. добытого угля утрачивается 36 га плодородной земли. Это означает, что за один только год в Кузбассе было уничтожено порядка 5 800 га лесов, лугов и полей, на месте которых возникли карьерные выемки, отвалы горной породы, технологические дороги, отстойники и т.д.

Ключевые слова: «неудобные» территории, «нарушенные» территории, экологический след, экологизация городов, рекультивация, этапы рекультивации.

Проблемой номер один для территории Кузнецкого угольного бассей-

на в Кемеровской области следует считать восстановление хозяйственной и экологической ценности нарушенных горнодобывающей деятельностью земель. По экспертным оценкам ученых [1], общая площадь бедлендов в бассейне составляет не менее 91,7 тыс. га или около 4 % от общей площади бассейна. Отвалы и карьеры в таких шахтерских городах, как Киселевск, Прокопьевск, Белово, Новокузнецк, Междуреченск, являются неприглядными элементами городского и загородного пейзажа. Общая площадь нарушенных земель по городам составляет: Ленинск-Кузнецкий (449 га, или 4 % площади города), Белово (595 га, или 3,5 %), Новокузнецк (2041 га, или 4,8 %), Прокопьевск (4161 га, или 19 %). Если учесть, что на городских землях угольные предприятия по рекультивации в среднем выполняют объемы по 50 га в год, то выходит, что для восстановления земель в Новокузнецке потребуется около 70 лет, в Прокопьевске – больше 100 лет! [2, 3].

Естественный ландшафт является базисом для создания высококачественной городской среды жизни. Сохранение естественной поверхности земли вместе с почвенным слоем, растительностью, рельефом и другими компонентами ландшафтов тесно связано с поддержанием качества среды жизни и экологического равновесия. Исходя из понятия экологического следа (т. е. продуктивных природных территорий), распространяющегося далеко за границы городов. Невозможно использовать только прилегающие к городу природные участки для создания хорошей городской среды. Нужно учитывать, что все жители Земли хотят иметь одинаково высокий уровень жизни [4]. Попытки установить при этих условиях размер требуемой глобальной территории экологического следа показали, что он существенно превышает возможности планеты. Поэтому на первый план в экологизации городов выходит сохранение природных и культурных продуктивных ландшафтов.

К «неудобным» землям относятся территории, на которых ведение хозяйственной деятельности затруднено или невозможно в силу естественных причин (болота, горы, косогоры).

К «нарушенным» землям относятся земли, утратившие первоначальную, природно-хозяйственную, ценность в результате антропогенного воздействия, эрозии, дефляции и другим подобным процессам [4].

«Нарушенные» территории делятся на:

- земли, повреждённые насыпным грунтом – отвалы, терриконы, кавальеры и свалки

- территории, повреждённые выемкой грунта – карьеры открытых разработок, провалы и прогибы на месте подземных горных работ, резервы и траншеи при строительстве линейных сооружений (продуктопроводы).

Термин «нарушенные ландшафты» отражает аспект деградации естественных экологических связей, разрыва цепочки связей между компонентами ландшафта. Это служит основой для прогноза дальнейшего развития разрушений (или их замедления в зависимости от конкретных условий) и оценки потенциального воздействия объекта на окружение.

Рекультивация – комплекс работ по экологическому и экономическому восстановлению земель и водоёмов, плодородие которых в результате человеческой деятельности существенно снизилось.

Рекультивация нарушенных земель осуществляется для восстановления их для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно - оздоровительных целей [5].

Рекультивацию земель, нарушенных промышленной деятельностью, проводят, как правило, в три этапа.

Первый этап – подготовительный: обследование нарушенных территорий, определение направления рекультивации, технико-экономическое обоснование и составление проекта рекультивации.

Второй этап – техническая рекультивация, которая в зависимости от региональных условий может включать промежуточную стадию – химическую мелиорацию. Техническую рекультивацию обычно обеспечивают предприятия, которые разрабатывают полезные ископаемые.

Этап технической рекультивации должен проходить в процессе эксплуатации карьера.

Третий этап восстановления нарушенных земель – биологический этап рекультивации, который осуществляют после полного завершения горнотехнического этапа. Биологический этап рекультивации состоит в восстановлении почвенного покрова. В ходе биологической рекультивации обеспечивают формирование почвенного слоя, оструктурирование почвы, накопление гумуса и питательных веществ и доведение свойств почвенного покрова до состояния, отвечающего требованиям сельскохозяйственных культур, намечаемых к возделыванию [6].

Идеальным решением проблемы было бы полное восстановление нарушенных территорий немедленно вслед за освоением. Однако на практике пока еще это не удается. Сколько-нибудь длительное существование нарушенных территорий в непосредственной близости от города – крайне нежелательное явление, так как неблагоприятное воздействие на окружение, свойственное нарушенным ландшафтам, в этих случаях распространяется на город. Поэтому в любом случае необходимо как минимум проводить работы по выявлению нарушенных территорий, стабилизации развивающихся в них процессов приостановлению дальнейших разрушений ландшафта в пределах самих территорий и смежных с ними участков.

#### Библиографический список

1. Гаджиев И.М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель/ И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, В.А. Андроханов - Новосибирск: ЦЭРИС, 2001.- 37 с.

2. Боговая И.О. «Ландшафтное искусство»/ И.О. Боговая, Л.М. Фурсова - Москва: Агропромиздат, 1988.- 223 с.

3. Материалы к Государственному докладу «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2010 году». - Кемерово: ИНТ, 2008.- 63 с.

4. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды. - Москва: Стройиздат, 1988.- 272 с.

5. Куприянов А.Н. Некоммерческий Фонд рекультивации для Кузбасса / А.Н. Куприянов, Ю.А. Мананов, А.В. Сорокин //Рекультивация нарушенных земель в Сибири. – Кемерово.: КРЭОО «Ирбис», Вып. 2, 2006.- С. 6.

6. Экология городской среды: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования / А.Н.Тетиор.- М.: Издательский центр «Академия», - 4-е изд., перераб. и доп. Сер. Бакалавриат), 2013.- 352 с.

УДК 622.74:628.56

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ СОРТОПРОКАТНОГО ЦЕХА**

**Нечунаева Ю.И., Павловская Е.Д.**

**Научный руководитель: д-р. тех.наук, профессор Павлович Л.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В сортопрокатном цехе проведен расчет экологического риска от выбросов в атмосферу: оксида углерода, оксида железа, диоксида серы, диоксида азота, окиси азота и бенз[а]пирена. Анализ полученных результатов показал, что экологические риски неканцерогенных и канцерогенных веществ не превышают приемлемый уровень и данное производство не имеет экологических проблем.

Ключевые слова: сортопрокатный цех, выбросы, экологический риск, оксиды, железо, углерод, азот, бенз[а]пирен.

Экологический риск – прогнозируемый ущерб экосистеме в результате наступления события, влекущего за собой негативное воздействие источника экоопасности. В последние 10-15 лет стали также выделять экологический риск производственной деятельности- вероятность изменений и нарушения (гибели) экологического объекта (в частности, человека) вследствие изменений в окружающей природной среде. Анализ экологического риска каждого источника металлургического предприятия позволяет выделить объекты, уровень риска которых превышает допустимый, и целенаправленно для этих производств осуществлять природоохранные мероприятия. Это позволит не только нормализовать условия труда на рабочих местах, но и повысить эко-

номию материальных и энергетических ресурсов (ликвидацией только этих негативных выбросов) [1].

Целью настоящей работы является расчет экологического риска от выбросов в атмосферу сортопрокатного цеха.

Сортопрокатный цех состоит из двух мелкосортных станов «250-1» и «250-2», фонарей и нагревательных печей стана «450», имеются 10 источников организованных выбросов, высотой 35, 75, 100 м.

Непрерывный мелкосортный стан «250-1» предназначен для переката заготовки сечением 100x100 мм длиной от 10500 до 11800 мм на сортовой прокат из углеродистых и низколегированных сталей. Технология нагрева и прокатки заготовок сопровождается следующим воздействием на окружающую среду: выбросами загрязняющих веществ в атмосферу (железо оксид, азота диоксид, азота оксид, ангидрид сернистый, углерод оксид, бенз[а]пирен), окалины и пыли на участке нагревательных печей, окалины и пыли на стане, обрезки на аварийных летучих ножницах, обрезки, окалины и пыли на участке уборки горячего металла, воды с примесями окалины, масел и смазок по линии прокатки на мелкосортном стане «250-1».

Непрерывный мелкосортный стан «250-2» по проекту предназначен для производства проката из заготовки квадратного сечения 100x100 мм длиной 10500-11800 мм (сталь круглая, сталь квадратная, сталь арматурная, сталь полосовая, сталь шестигранная, сталь угловая).

Непрерывный среднесортный стан «450» предназначен для прокатки профилей среднего сорта из углеродистой, качественной и легированной сталей.

Оценку экологического риска для здоровья проводили согласно «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно - методические основы, принципы и критерии оценки» [1]. Количественная оценка риска осуществлялась по методике, указанной в статье [2]. Источниками выбросов сортопрокатного цеха являются: фонарь мелкосортных станов, нагревательные печи мелкосортных станов «250-1», «250-2», проволочного стана, нагревательные печи стана «450», фонарь стана «450». Результаты расчета экологических рисков по сортопрокатному цеху представлены в таблице 1.

Расчеты показали, что из каждого источника цеха неканцерогенные выбросы не превышают предельно-допустимый уровень. Суммарный неканцерогенный риск по цеху составил 0,006 и также не превышало предельно-допустимый уровень равный для неканцерогенных веществ 0,02 (2%) [3]. В сортопрокатном цехе имеются выбросы канцерогенных веществ, в частности бенз[а]пирена. Экологический риск от бенз[а]пирена составил по цеху  $29,6 \cdot 10^{-7}$ , что также не превышало допустимый приемлемый уровень, равный  $1 \cdot 10^{-3}$  [3].

Таблица 1 - Экологический риск по выбросам в атмосферу сортопрокатного цеха

Источники выбросов	Количество источников, шт	Высота источника, м	Выбросы	Количество выбросов, г/с	$C_{max}$ , г/м <sup>3</sup>	Risk
Фонарь мелко-сорт-ных станков	3	35	Оксид углерода	1,72	70,0	$13 \cdot 10^{-5}$
			Оксид железа	1,58	60,0	$450 \cdot 10^{-5}$
Нагревательные печи мелко-сорт-ных станков «250-1», «250-2», проволочного стана	5	75	Оксид углерода	0,59	0,40	$0,2 \cdot 10^{-5}$
			Оксид железа	0,3	0,20	$5,7 \cdot 10^{-5}$
			Диоксид серы	0,83	0,60	$3,3 \cdot 10^{-5}$
			Азота диоксид	1,37	1,10	$0,98 \cdot 10^{-5}$
			Окись азота	0,22	0,17	$0,77 \cdot 10^{-5}$
			Бенз[а]пирен	$150 \cdot 10^{-7}$	0,00001 2	$10,6 \cdot 10^{-7}$
Нагревательные печи стана «450»	1	100	Оксид железа	0,18	0,17	$0,99 \cdot 10^{-5}$
			Оксид углерода	0,15	0,14	$0,087 \cdot 10^{-5}$
			Диоксид серы	0,07	0,066	$0,31 \cdot 10^{-5}$
			Азота диоксид	0,18	0,17	$0,074 \cdot 10^{-5}$
			Окись азота	0,03	0,028	$0,011 \cdot 10^{-5}$
			Бенз[а]пирен	$90 \cdot 10^{-7}$	0,00008	$0,19 \cdot 10^{-7}$
Фонарь стана «450»	1	35	Оксид железа	0,83	3,20	$11,7 \cdot 10^{-5}$
			Оксид углерода	0,91	35,0	$7,1 \cdot 10^{-5}$
Итого по цеху	Неканцерогенный Risk					0,006
	Канцерогенный Risk					$29,6 \cdot 10^{-7}$

Таким образом, экологические риски неканцерогенных и канцерогенных веществ по сортопрокатному цеху показали, что они не превышают приемлемый уровень и данное производство не имеет экологических проблем.

#### Библиографический список

1. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно - методические основы, принципы и критерии оценки (Р. 2.2.1766-63).- М.: Гигиена труда.- 2003.- 12 с.
2. Павлович Л.Б. Оценка экологического риска от производственной деятельности коксохимического производства/ Л.Б. Павлович, Е.В. Медведская, Е.В.Суржиков, В.Г. Лупенко // М.: Металлургия «Кокс и химия», №5, 2013.- С. 33 - 40.
3. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. и др. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ загрязняющих окружающую среду. – М.:НИИЭЧиГОС.- 2002.- 408с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....</b>	<b>3</b>
<b>Вайгель К.В., Малофеев Д.В.</b> Выбор рациональной системы осушения бортов карьера.....	3
<b>Немчинова Ю.В., Малофеев Д.В.</b> Обоснование вскрытия и системы разработки «Поле шахты «Майская».....	6
<b>Терешенко А.Н., Малофеев Д.В.</b> Выбор рациональных границ карьеров.....	9
<b>Брыксин Н.С., Володина А.В.</b> Зарубежный опыт извлечения редкоземельных элементов при утилизации отработанных машин, механизмов, компьютеров и электронной техники.....	12
<b>Талабира В. Ю.</b> Совершенствование систем подготовки угольных пластов.....	14
<b><u>Сычева А.С.</u></b> История добычи угля во Франции.....	17
<b><u>Басов В.В., Риб С.В.</u></b> Исследование влияния структуры и прочности пород почвы на параметры пучения в выработках.....	20
<b><u>Басов В.В., Риб С.В.</u></b> К вопросу о разработке методического обеспечения интерактивного компонента курса «Технология отработки пологих пластов» .....	23
<b><u>Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.</u></b> Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» .....	26
<b><u>Дыскин А.И., Риб С.В., Никитина А.М.</u></b> Разработка способа перехода разрывного нарушения комплексно- механизированным забоем в условиях ООО «Шахта «Алардинская» .....	29
<b><u>Микунов В.В., Риб С.В.</u></b> Повышение производительности труда подготовительных бригад для своевременной подготовки фронта очистных работ на шахте «Алардинская» .....	31

<b><u>Толканов Н.Н., Овсянников А.А., Риб С.В.</u></b> Разработка альтернативных и выбор оптимального варианта вскрытия, подготовки и обработки участка «Алардинский-Восточный» с использованием элементов комбинированной технологии угледобычи.....	35
<b><u>Шадэ Т.Ю., Никитина А.М., Риб С.В.</u></b> Разработка технико-технологических решений по внедрению новых технических средств и совершенствованию вспомогательного транспорта в условиях шахты «Осинниковская» .....	37
<b><u>Велякина Г.Ф., Кравченко А.Е.</u></b> Развитие технологии обезвоживания угля в постсоветский период.....	40
<b><u>Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.</u></b> Развитие технологии обогащения угля в России в первой половине XX века.....	43
<b><u>Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.</u></b> Развитие технологии обогащения угля в России во второй половине XX века.....	45
<b><u>Косинова Н.С., Громолюк Т.Д., Богонос А.В., Кравченко А.Е.</u></b> Развитие технологии обогащения угля в России в конце XX, начале XXI вв. ....	48
<b><u>Семин А.А.</u></b> Анализ мониторинга сейсмического воздействия массовых взрывов на охраняемые объекты Кемеровской области.....	51
<b><u>Борzych Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.</u></b> Высокоэффективная струговая выемка при обработке тонких пластов в условиях шахт Кузбасса.....	55
<b><u>Чижик Ю.И., Никитина А.М., Риб С.В.</u></b> К вопросу об управлении энергией земных недр в горном деле.....	58
<b><u>Талабира В.Ю.</u></b> Методика расчета производительности очистного комбайна.....	60
<b><u>Меньшутин З.Ю., Матвеев А.В.</u></b> Анализ влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на устойчивость бортов угольных разрезов Кузбасса.....	64



<b>Бурова А.О., Матвеев А.В.</b> О порядке заполнения путевых листов горно-транспортного оборудования.....	66
<b>Койнов Н.А., Матвеев А.В.</b> Строительство временных карьерных автодорог.....	68
<b>Меньшутин З.Ю., Матвеев А.В.</b> Оценка сейсмического воздействия массовых взрывов на откосы уступов Талдинского угольного разреза.....	71
<b>Койнов Н.А., Матвеев А.В.</b> Развитие оползневых процессов в рабочем борту.....	73
<b>Бурова А.О., Матвеев А.В.</b> Оценка устойчивости откосов угольных разрезов Южного Кузбасса.....	76
<b>Маршевский И.П., Матвеев А.В.</b> Построение цифровой модели рельефа.....	79
<b>Койнов Н.А., Матвеев А.В.</b> Разработка технологических схем работы гидравлических экскаваторов .....	82
<b>Бурова А.О., Матвеев А.В.</b> О разработке планов развития горных работ на год.....	85
<b>Маршевский И.П., Матвеев А.В.</b> О порядке заполнения путевых листов горно-транспортного оборудования.....	88
<b>Койнов Н.А., Матвеев А.В.</b> Сравнение моделей карьерных гидравлических экскаваторов.....	90
<b>Клименко А.В., Матвеев А.В.</b> Программа и методика испытаний в производственных условиях скважинных затворов.....	94
<b>Койнов Н.А., Матвеев А.В.</b> Технология замены грунта в забое гидравлического экскаватора.....	97
<b>Клименко А.В., Матвеев А.В.</b> Опыт эксплуатации бортов в коренных породах при бестранспортной технологии ведения вскрышных работ в районах, прилегающих к естественным водотокам.....	100
<b>Клименко А.В., Матвеев А.В.</b> Эксплуатация бортов разрезов в коренных породах при бестранспортной технологии ведения вскрышных работ в районах, прилегающих к естественным водотокам.....	103

<b>II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ.....</b>	<b>106</b>
<b>Кувшинникова Н.И., Калиногорский А.Н.</b> Технологическо-минералогические исследования процесса обезвоживания железорудного концентрата обожженным известняком.....	106
<b>Числавлев В.В., Неунывахина Д.Т.</b> Оптимизация процессов рафинирования рельсовой стали в промежуточном ковше машины непрерывного литья заготовок.....	109
<b>Неунывахина Д.Т., Числавлев В.В.</b> Модернизация лабораторного комплекса для определения температуры плавления металлургических шлаков.....	113
<b>Калиногорский А.Н.</b> Формирование конвертерных магнезиальных шлаков для повышения стойкости футеровки агрегатов.....	115
<b>Кравченко П.Д.</b> Производство и применение рассыпающихся сплавов марганца.....	119
<b>Ходосов И.Е., Медведева К.С.</b> Моделирование процессов твердофазного восстановления железа из оксидов железных руд.....	121
<b>Медведева К.С.</b> К вопросу получения железа прямого восстановления.....	125
<b>Решетнев О.А., Здоронкова Л.С., Романенко Ю.Е., Лазаревская М.Н.</b> Переработка техногенных отходов производства углеродистого феррохрома с целью получения хрома металлического.....	129
<b>Горохов А.Д., Екатериничев А.М., Ходосов И.Е., Лазаревская М.Н.</b> Применение природных углеродсодержащих материалов для производства металлизированных окатышей.....	133
<b>Долгова В.И., Разуванов В.В., Ходжаев Р.А.</b> Получение металлизированных продуктов.....	137
<b>Зибиров А.Н.</b> Исследование вторичных радиальных перетоков при циклонном движении.....	141
<b>Коноз К.С., Темлянцева Е.Н., Базайкин В.И.</b> Исследование окисления борсодержащих сталей марок 20Г2Р и 30Г1Р при высокотемпературном нагреве.....	143

<b>Казимиров С.А.</b> Использование пылевидных отходов тушения кокса в качестве компонента пылеугольного топлива.....	146
<b>Лебедев Н.В., Гончарук М.С.</b> О целесообразности футеровки балок печи с шагающим подом бетонными монолитными блоками.....	150
<b>Вайнер Е.А., Топорова К.С., Мазурина Н.А.</b> Исследование процесса напыления железосодержащих шихт, применяемых в производстве окатышей.....	153
<b>Козлова Н.Е., Царегородцева М.С., Шестопапов Н.Е.</b> Сравнительный анализ связующих материалов для брикетирования железосодержащих шламов.....	156
<b>Темников И.С.</b> Система диагностики дефектности стальных отливок.....	159
<b>Сеченов П.А.</b> Имитационная модель гравитационного сепаратора колонного струйно-эмульсионного металлургического реактора.....	162
<b>Сеченов П.А.</b> Структурные модели струйно-эмульсионного металлургического реактора.....	165
<b>Аникин А.Е.</b> Применение буроугольного полукокса для металлизации и карбидизации техногенного металлургического сырья.....	169
<b>Лаптев Ю.Ю.</b> Анализ технологической и экономической целесообразности применения алунитовых руд в производстве металлургического глинозема.....	173
<b>Баротов Ф.Б.</b> Оценка экологических и энергетических последствий анодного эффекта при производстве алюминия.....	176
<b>Джалолов Х.О.</b> Технология анода Содерберга: современное состояние и перспективы.....	179
<b>Тухтабеков О.Б., Комрони М.</b> Творец российского алюминия (к 150-летию со дня рождения профессора Павла Павловича Федотьева) .....	182
<b>Ефимова К.А., Алексеева Т.И.</b> Термодинамика процессов боридообразования при переработке титан – борсодержащего сырья в условиях плазменного потока.....	185

**Ефимова К.А., Алексеева Т.И.**

Плазменный синтез диборида титана для смачиваемых катодных покрытий алюминиевых электролизеров..... 188

**Малюх М.А.**

Особенности теплового расширения алюминия А7 после обработки расплава доломитом и старения..... 191

**Липатова У.И., Гусев А.И.**

Использование ковшевого сталеплавильного шлака при изготовлении сварочного керамического флюса..... 194

**Махин Д.И., Хайретдинова Ю.Н.**

Изучение возможности использования ковшевого сталеплавильного шлака для изготовления сварочных флюсов для наплавки..... 196

**Лазарь В.А.**

Преимущества перехода на сварку под керамическими флюсами..... 198

**Лазарь В.А.**

Формирование сварного шва при сварке под керамическими и плавленными флюсами..... 201

**Титов Д.А., Осетковский И.В., Гусев А.И.**

Изучение влияния введения в состав порошковой проволоки С-Si-Mn-Cr-V-Mo углеродфторсодержащей добавки и никеля..... 203

**Крюков Р.Е.**

Некоторые аспекты при разработке флюс-добавок для сварочных флюсов..... 205

**Бояринцев С.Е.**

Методы исследования наплавов..... 209

**Шишкин П.Е.**

Влияние введения углеродфторсодержащей добавки во флюс АН-67Б на качество сварных швов стали 09Г2С..... 211

**Яблонский М.А.**

Разработка порошковой проволоки для наплавки прокатных валков..... 214

**Горячкин Д.С.**

Применение ультрадисперсных порошков при дуговой сварке плавящимся электродом в среде..... 217

**Грачев В.А.**

Расчет и проектирование металлоконструкций для быстровозводимых зданий в программе Scad Office..... 219

**Журавский С.М.**

Механизированная сварка плавящимся электродом с наложением механических импульсов ультразвуковой частоты на подачу сварочной проволоки..... 221

**Зюбан А.В.**

Анализ качества швов при ручной дуговой сварке высоколегированных сталей с использованием различных источников питания..... 224

**Кожубеков С.К.**

Сертификация материалов для сварки ..... 226

**Свяжина Н.В.**

Лазерная сварка..... 228

**Сименцов И.Е.**

Применение бифункциональных покрытий при дуговой сварке..... 231

**Шадыев С.Т.**

Технология, оснастка и участок сборки сварки газосоуда сталеплавильной печи ДСП100..... 234

**Прудников В.А., Богонос Е.В.**

Воздействия термоциклической прокатки на структуру и удельное электрическое сопротивление листовой стали СтЗпс..... 235

**Гребеньков Р.В., Шрайнер Т.А., Иконников А.М.**

Индуктор для магнитно-абразивной обработки с ложнопровильных поверхностей деталей машин и инструментов..... 238

**Марченко Е.С., Байгонакова Г.А., Гюнтер В.Э., Клопотов А.А.**

Влияние изотермического отжига на характеристики эффекта памяти формы сплавов TiNi(Mo,V) ..... 242

**Пономарёв Н.С.**

О возможности применения высокодисперсных техногенных отходов как сырья электротермических процессов..... 246

**Письмакова М.С., Веселовская В.В.**

Электролитическое производство алюминия - на пороге 130-летия..... 248

<b>III. ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....</b>	<b>252</b>
<b>Горбунова А.Р.</b> История развития рекультивации нарушенных земель в России и за рубежом.....	252
<b><u>Сенченко О. А.</u></b> Анализ психологических причин производственного травматизма на основе «Эффекта Карпентера» .....	257
<b>Шепелев В.В.</b> Экологическое состояние и защита озера Байкал.....	259
<b>Киселева А.С., Воронова А.В.</b> Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте.....	262
<b>Елизарова Ю.А., Савченко К.А.</b> Мониторинг загрязнения сточных вод Красноярского края в пределах Саяно-партизанского месторождения угольного месторождения.....	265
<b>Абызова Е.А., Куталова А.В.</b> Изучение сорбции ионов цинка из воды сорбентами из органических отходов.....	270
<b>Александрова С.Н., Кудайбергенова Ж.Д., Рыбакова А.А.</b> Рост и развитие томатов при искусственной досветке разными типами ламп.....	272
<b>Вдовыченко В.В, Ретгих Н.Е, Бетц С.А.</b> Очистка воды от фенолов с использованием отходов переработки подсолнечника.....	276
<b>Павловская Е.Д., Татарина Е.С.</b> Перспективы и возможности использования тепловых насосов в горнодобывающей промышленности.....	279
<b><u>Соловьева Е.С.</u></b> Применение гуматов в рекультивационных технологиях.....	282
<b><u>Соловьева Н.Ю.</u></b> Утилизация пекосодержащих отходов.....	285
<b>Богаев А.В., Горелова О.М.</b> Получение активированных углей для водоочистки и водоподготовки из скорлупы кедрового ореха.....	289
<b><u>Осокина А.А.</u></b> Оценка экологического риска выбросов в атмосферу углеобогатительного цеха.....	291

<b>Холматова А.Д., Койнов С.А.</b> Экологические аспекты использования энергосберегающих ламп.....	294
<b>Зеневич А.В.</b> Проблемы безопасности в сталеплавильном производстве «ЕВРАЗ». ОАО «ЗСМК» .....	296
<b>Илюшина К.В.</b> Установление класса опасности отходов для ООО «ИК ЭнергоСтрой» методом биотестирования.....	298
<b>Решетникова И.А.</b> Влияние способа термической утилизации полимерных отходов на выбросы канцерогенных углеводородов.....	301
<b>Фуженкова А.А., Зоря В.Н., Пермяков А.А.</b> Исследование структуры отходов сжигания углей.....	304
<b><u>Шалаева Н.А., Шабалина К.А.</u></b> Исследование минеральных компонентов гуматов бурых углей.....	308
<b>Герасимук А.В.</b> Электромагнитное поле: воздействие на людей и окружающую среду, методы защиты.....	312
<b><u>Злобина Е.С.</u></b> Технология переработки техногенных отходов угольной отрасли на местах их образования.....	318
<b><u>Субботина Д.А.</u></b> Вода – вкус жизни! .....	321
<b><u>Лукашенко А.В., Чикурова И.В.</u></b> Экологически безопасная технология получения биогаза из органических отходов.....	324
<b>Торосян Е.С., Литовкин С.В., Горлов Д.С.</b> Использование солнечной энергии.....	328
<b><u>Иманкулова Е.А., Божкова И.К., Массон Ю.В., Чынгышбаева Ж.А.</u></b> Организация научно-исследовательской деятельности учащихся общеобразовательных школ и студентов Вуза на базе биолого-химической школы.....	331
<b><u>Митин О.В., Горяев Р.А.</u></b> Формирование экологической культуры у учащейся молодежи.....	333
<b>Шорохова А.В.</b> Структура и элементы социо-эколого-экономической системы угледобывающего региона.....	336

<b>Ложкина Ю.Ю.</b> Олимпиада по дисциплине «Экология» как метод повышения качества подготовки специалистов в техническом вузе.....	338
<b>Юров А.А.</b> Особенности работы оператора в условиях металлургического производства.....	341
<b><u>Койнов С.А.</u></b> Улучшение качества природных вод на территории Кемеровской при помощи мембранных технологий.....	345
<b><u>Павелко Т. С.</u></b> Рациональное использование осадков сточных вод.....	348
<b><u>Савченко С.В.</u></b> Биологический этап рекультивации нарушенных земель в пределах горного отвода ОАО «Луговое».....	351
<b><u>Филатова В.С.</u></b> Освоение «неудобных» и «нарушенных» территорий.....	353
<b><u>Нечунаева Ю.И., Павловская Е.Д.</u></b> Оценка экологического риска от выбросов в атмосферу сортопрокатного цеха.....	356



Научное издание

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Часть II**

*Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых*

**Выпуск 19**

Под общей редакцией	М.В. Темлянцева
Технические редакторы:	Г.А. Морина Л.С. Ширяева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 11.06.2015

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 21,78 Уч.-изд. л. 23,31. Тираж 300 экз. Заказ № 352

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