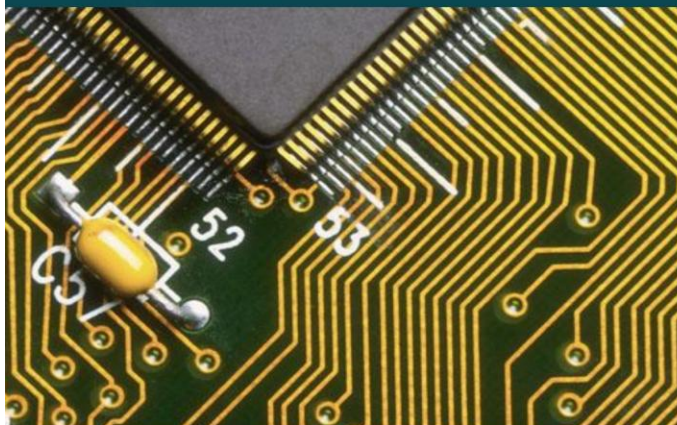


ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ, РАСТИТЕЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

МАТЕРИАЛЫ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

(ИРКУТСК, 25-26 АПРЕЛЯ 2013 ГОДА)



ИРКУТСК 2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**Перспективы развития технологии
переработки углеводородных,
растительных и минеральных ресурсов**

Материалы
III Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(Иркутск, 25–26 апреля 2013 г.)

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского государственного технического университета
2013

УДК 658.52
ББК 65.291.8_я4
П 27

Рекомендовано к изданию ученым советом ИрГТУ

Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 25-26 апреля 2013 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. – 261 с.

Представлены материалы, посвященные актуальным металлургии руд и концентратов, химии и химической технологии, биотехнологии и химии биологически активных веществ растительного сырья, интенсификации, контролю и автоматизации технологических процессов, экологическим аспектам производства.

Редакционная коллегия:

Дьячкова С.Г. – д-р хим. наук, профессор, декан химико-металлургического факультета (отв. ред.);

Филатова Е.Г. – канд. техн. наук, докторант, доцент кафедры химии и пищевой технологии им. Тутуриной, зам. декана химико-металлургического факультета по НИР.

Евстафьев С.Н. – д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии и пищевой технологии им. Тутуриной;

Немчинова Н.В. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой металлургии цветных металлов;

Баев А.В. – канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой автоматизации производственных процессов;

Подгорбунская Т.А. – канд. хим. наук, доцент кафедры химической технологии;

Вершинина С.Э. – канд. биол. наук, доцент кафедры химии и пищевой технологии им. Тутуриной;

Бельский С.С. – канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии цветных металлов;

Лазарева О.В. – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов;

Технические редакторы:

Лазарева О.В., Ознобихин Л.М. – доценты кафедры автоматизации производственных процессов

Материалы публикуются с файлов, предоставленных авторами

© Иркутский государственный
технический университет,
2013

СЕКЦИЯ №1

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗА СЧЕТ РАЗРУШЕНИЯ РУД В ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ ВАЛКАХ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Карпухин А.И.¹, Аксенов А.В.², Яковлев Р.А.³

¹профессор каф. МЦМ химико-металлургического факультета ИрГТУ,

²доцент каф. МЦМ химико-металлургического факультета ИрГТУ,

³аспирант каф. МЦМ химико-металлургического факультета ИрГТУ, e-mail: ruslan_yakovlev@inbox.ru

Снижение технологических и экономических показателей переработки золотосодержащих руд различных месторождений по традиционным схемам, прежде всего, связано не только с уменьшением запасов сырья, но и в значительной степени с ухудшением качества перерабатываемой руды, а также повышением эксплуатационных расходов в переделе рудоподготовки. Технология переработки золотосодержащих руд методом кучного выщелачивания изучена достаточно глубоко, однако существуют и малоизученные направления повышения эффективности данной технологии. В общем, основные пути интенсификации процессов кучного выщелачивания можно разделить на следующие категории: 1) изучение и разработка новых, экономически дешевых (относительно традиционных) методов рудоподготовки; 2) поиск и исследование новых или модернизированных методов укладки рудного штабеля; 3) поиск новых реагентов, повышающих уровень извлечения благородных металлов; 4) разработка совершенных технологий регулирования процессов, в частности полный автоматизированный контроль всех переделов технологической схемы.

Цель рудоподготовки – получить частицы руды такой крупности, при которой обеспечивается контакт цианидного раствора с поверхностью металла, при сохранении устойчивости штабеля руды и высокой фильтрующей способности. В основном в зависимости от физико-механических свойств исходной руды и требуемых технологических параметров кучного выщелачивания используют дробление в две и три стадии. Одним из перспективных направлений совершенствования кучного выщелачивания является уменьшение крупности (до классов минус 10-3 мм и менее) перера-

батываемого материала, что позволяет интенсифицировать процесс извлечения золота, причем предлагается использование в цикле измельчения валковых дробилок высокого давления. Часто их называют измельчающими валками высокого давления (ИБВД) от английского High Pressure Grinding Rolls (HPGR).

Перечень рудных обогатительных фабрик, успешно применяющих ИБВД, насчитывает уже десяток предприятий, в число которых входит ЗИФ «Сухой Лог» (Россия). Пять крупных фабрик – золоторудная Boddington, производительностью 35 млн т в год (Австралия), медная «Михеевская» (25 млн т, Россия), молибденовая Ruby Creek (7 млн т, Канада), медная Cerro Verde (39,4 млн т, Перу) и медно-молибденовая Spinifex Ridge (20 млн т, Австралия) проектируются с применением ИБВД. Ключевым фактором, определяющим предпочтительность их применения, кроме значительного снижения энергозатрат, является высокая пропускная способность, сравнимая с производительностью самых крупных мельниц полусамозмельчения. Стоит отметить, что две работающие в СНГ фабрики также успешно применяют на стадии рудоподготовки данные агрегаты (Васильковский ГОК и Нурказган, Республика Казахстан).

Извлечение золота в процессе кучного выщелачивания золотосодержащих руд в большей степени определяется доступом растворителя к поверхности благородного металла. Для того чтобы повысить проницаемость исходную руду дробят, то есть увеличивают поверхность взаимодействия металла с комплексообразователем. Помимо увеличения данной поверхности при разрушении руды в валках высокого давления повышается трещиноватость дробленого материала, что в свою очередь существенно увеличивает проницаемость рудного штабеля при кучном выщелачивании за счет более полного раскрытия материала. Все перечисленные показатели характерно скажутся на скорости выщелачивания золота в сторону ее увеличения и позволят повысить уровень извлечения в целом. А так как по технологии получения золота из минеральных руд методом кучного выщелачивания повышение уровня извлечения даже на несколько процентов приведет к высокому экономическому эффекту, в сочетании с низкими удельными и капитальными затратами по установке и эксплуатации измельчающих валков высокого давления (по сравнению с традиционными агрегатами дробления и измельчения), можно рассматривать данную технологию как высокоперспективную.

В настоящее время проводятся лабораторные исследования процессов протекающих в измельчающих валках высокого давления. Для этого с отделения рудоподготовки Горно-обогатительного комбината (Республика Казахстан) отобраны пробы исходных руд до измельчения в валках высокого давления и после. На данных пробах изучается вещественный состав, выполняется гранулометрический анализ, а также микроскопический анализ. Выполняются тесты по моделированию разрушения исходных руд в ИБВД. Для этого отобраны представительные пробы материала до ИБВД

и разрушены в специальной установке, имитирующей разупрочнение руды в лабораторных условиях. Давление при разрушении составляло 10-15 Н/мм², что соответствует промышленным показателям. Далее измельченные пробы будут изучены (гранулометрический и микроскопический анализы) и направлены на установку кучного выщелачивания. Для сравнения показателей при выщелачивании данных проб проводятся тесты на исходной руде: дробление исходной руды традиционными методами (щековая дробилка); гранулометрический и микроскопический анализы; кучное выщелачивание. Исходя из предварительного вещественного анализа исходной пробы руды данного месторождения, можно сделать вывод о том, что она является упорной для переработки методом кучного выщелачивания. Однако, результаты исследований позволят показать перспективность данного метода разрушения материала (сравнение уровня извлечения благородных металлов), а также дадут представление о том насколько точно моделируется процесс разрушения в лабораторных условиях.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ

Федоров С.Н.¹

¹студент гр. МЦ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: fedorov.sn29@gmail.com

Металлургический кремний получают в рудотермических печах (РТП) выплавкой шихты, состоящей из кварцевого сырья и углеродистых восстановителей [1]. На его производство расходуется значительное количество электроэнергии.

Расход электроэнергии подразделяется на технологическую и силовую. Технологическая расходуется непосредственно на производство кремния в РТП (рудовосстановительная печь РВП). Силовая расходуется на работу конвейеров, кранов, систем газоочисток, освещение и т.д.

Схема распределения электроэнергии включает в себя трансформаторы, короткую сеть на электродах, дуговой разряд.

Электроэнергия подается через специальные счетчики в трансформаторы для преобразования электроэнергии высокого напряжения в энергию низкого напряжения.

Таблица. Основные характеристики трансформаторов

ЭОЦН-8200/10				ЭОЦН-12500/10УЗ				ЭОЦН-21000/10 83УХЛ4			
ступень	К _{тр} , %	ток	мощн .	ступень	К _{тр}	ток	мощн .	ступень	К _{тр} , %	ток	мощн .
1	49,1	550	5500	1	49	750	7500	1	43,403	833,3	8333
2	50,8	550	5500	2	50,74	750	7500	2	44,287	833,3	8333
3	52,6	550	5500	3	52,5	750	7500	3	45,186	833,3	8333

4	54,4	550	5500	4	53,95	750	7500	4	46,125	833,3	8333
5	56,0	550	5500	5	56	750	7500	5	47,103	833,3	8333
6	57,9	550	5500	6	57,75	750	7500	6	48,123	833,3	8333
7	59,5	550	5500	7	59,5	750	7500	7	49,188	833,3	8333
8	61,5	550	5500	8	61,25	750	7500	8	50,327	833,3	8333
9	63,1	550	5500	9	63	750	7500	9	51,493	833,3	8333
10	64,8	538	5380	10	63	750	7500	10	52,715	833,3	8333
11	66,5	522	5220	11	63	750	7500	11	53,996	833,3	8333
12	68,4	508	5080	12	64,64	731	7310	12	53,996	833,3	8333
13	70,0	496	4960	13	66,36	712	7120	13	53,996	833,3	8333
14	71,7	484	4840	14	68,18	693	6930	14	55,340	833,3	8333
15	73,6	472	4720	15	69,9	676	6760	15	56,725	833,3	8333
16	75,2	460	4600	16	71,7	659	6590	16	58,241	833,3	8333
17	77,0	450	4500	17	73,37	644	6440	17	59,844	833,3	8333

Далее электроэнергия поступает в короткую сеть, которая является одним из важнейших участков в электрическом контуре печной установки.

Различают следующие элементы короткой сети:

- компенсаторы – гибкие ленты, соединяющие выводы низшего напряжения электропечного трансформатора с неподвижной частью короткой сети; назначение: компенсировать изменения линейных размеров проводников неподвижной части короткой сети, возникающих при колебании их температуры, и тем самым ликвидировать механические нагрузки на систему уплотнений выводов низшего напряжения электропечного трансформатора;

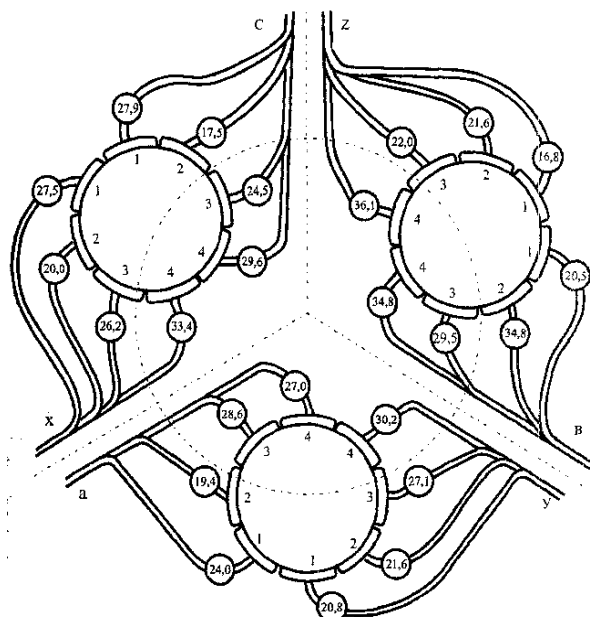


Рис. 1. Распределение тока по трубошину и контактными плитам

- шинный пакет – наиболее длинная неподвижная часть короткой сети, состоящая либо из прямоугольных шин, либо из водоохлаждаемых трубчатых проводников;

- неподвижный башмак – для соединения и передачи тока от проводников шинного пакета к гибким проводникам короткой сети;

- пакет гибких проводников (голых кабелей, гибких лент) – для передачи тока от неподвижного башмака к подвижному башмаку, перемещающемуся совместно с электрододержателем;

- подвижный башмак – для соединения и передачи тока от пакета гибких проводников к электрододержателю;

- проводники и контактные щёки – для передачи тока к электроду, обеспечивающие возможность перепуска электрода относительно электрододержателя.

Проводники и контактные щёки передают ток электроду, от которого зависят размеры ванны, мощность и электрический режим.

Назначение электродов в электрической цепи дуговой печи следующее:

- подвод электрического тока к очагу тепловыделения, которым является электрическая дуга, горящая между электродом и подом («боло-том»);
- регулирование сопротивления нагрузки, так как сопротивление всех остальных элементов электрической цепи остаётся постоянным;
- компенсация недостатка углерода в балансе его расхода на восстановление кремния и оксидов металлов-примесей шихты (явление вынужденное, но расход электродов на восстановление в дуговой печи неизбежен).

На развитие дугового разряда в РВП влияют химический состав шихты и продуктов плавки, их удельное электрическое сопротивление, электрические и геометрические параметры, тепловые условия, параметры токоподводящей цепи, а также давление в разрядной зоне [2].

Процессы выплавки кремния являются высокоэнергозатратными. Поэтому необходимо совершенствование электрооборудования печей с целью экономии расхода электроэнергии.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список

1. Катков О.М. Выплавка технического кремния: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1997. – 214 с.
2. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Кремний: свойства, получение, применение: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 272 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ КРЕМНИЯ

О.И. Рандин¹, О.В. Дударева², К.С. Ведерникова³

¹к.х.н., доцент кафедры информатики ИрГТУ, г.Иркутск, р.т. 40-51-83

²к.г.-м.н., заведующая кафедрой информатики ИрГТУ, г.Иркутск, р.т. 40-51-83

³студентка гр. ТТП-10-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ

Применение новых углеродистых восстановителей, отвечающих требованиям электротермического производства кремния, представляет большой интерес с позиции сырьевой базы углеродистого сырья и существенного улучшения основных технико-экономических показателей производства кремния. Восстановитель должен обладать набором качеств, способствующих оптимальному ходу процесса восстановления, а именно: высокими удельным сопротивлением, реакционной способностью, удельной поверхностью, механической прочностью, развитой пористостью. И наконец, углеродистый материал должен иметь невысокую стоимость, а производство его должно быть организовано с наименьшим вредом для окружающей среды.

Однако высокая реакционная способность – не единственный и не главный критерий, по которому определяется пригодность восстановителя для использования в производстве кремния. Показателями, определяющими качество целевого продукта (сортность кремния), являются содержание в составе восстановителя примесей, таких как Al, Fe, Ca и стоимость продукта.

В связи с этим, авторами представленной работы была предложена модель оптимизации, позволяющая оперативно определять компонентный состав шихты в зависимости от требуемой сортности кремния и качества исходного сырья. Систему ограничений образуют 7 отношений с четырьмя неизвестными, учитывающими соответственно такие параметры шихты, как стоимость, удельная поверхность, удельное электросопротивление, содержание в целевом продукте Al, Fe, Ca по отдельности и суммарное содержание этих металлов. В качестве неизвестных в модели выступают содержание (в кг) углеродных восстановителей – древесного угля, бурого угля, полукокса и древесной щепы. Постоянные коэффициенты при неизвестных рассчитываются с помощью специально созданной программы, исходными данными для которой являются результаты элементного и технического анализов исходного сырья, содержание в нем примесей, определяющих сортность кремния, сведения об удельной электропроводности и удельной поверхности компонентов шихты и их стоимости. При решении задачи минимизируется стоимость шихты.

В исходной постановке задачи модель оптимизации представляется нелинейной, используется прием ее линеаризации и сведения к стандартной задаче линейного программирования. Для решения последней применяется пакет программ "ДИСВО" и обыкновенный симплекс-метод.

Выходными параметрами являются значения всех оптимизируемых параметров, которыми будет характеризоваться шихта данного состава, для получения продукта с заданной стоимостью и сортностью.

При невозможности достигнуть значения всех параметров оптимизации, лежащих в заданных пределах, выдается информация о том, в каком направлении желательно изменение количества и качества компонентов шихты. Предлагаемый способ позволяет оперативно определять оптимальный состав компонентов шихты в зависимости от требуемой сортности целевого продукта или же определить сортность продукции, которую можно получить из сырья, имеющегося в наличии.

ОКОМКОВАНИЕ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ

М.С. Леонова¹, Т.А.Бузикова², Т.С. Минеева³.

¹ студент гр. МЦа-08, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kafmcm@istu.edu

² студент гр. МЦб-11, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kafmcm@istu.edu

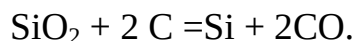
³ к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kafmcm@istu.edu

Основные тенденции научно-технического прогресса, предусматривающие развитие машиностроительных отраслей промышленности и направленные на значительное уменьшение веса машин благодаря применению легких металлов, повышению их долговечности, созданию новейших приборов высокой надежности на базе полупроводниковой и вычислительной техники, применения новых композиционных видов органических полимерных материалов с уникальными свойствами, привели к резкому увеличению производства и потребления в стране и за рубежом легких элементов и, прежде всего, кремния. Поэтому в настоящее время по-прежнему остро стоит проблема интенсификации и оптимизации электро-термического производства металлургического кремния в связи с возросшей потребностью в нем многих отраслей промышленности[1].

Для получения кремния, полностью отвечающего требованиям рынка, необходимо для плавки использовать сырье более высокого качества, характеризующееся содержанием диоксида кремния не менее 99,5 % и

суммой лимитируемых примесей (оксидов железа, алюминия и кальция) не более 0,5 %.

В основе карботермического способа получения кремния в рудно-термических печах на крупнейшем предприятии ЗАО «Кремний» ОК «РУСАЛ» (г. Шелехов, Иркутская область) лежит основная химическая реакция:



Продуктами плавки являются технический кремний и шлак в незначительном количестве (3-5 %), а также пылегазовая смесь. Пыль газоочистки в основном состоит из SiO_2 (85,41 %), SiC (5,03 %), $\text{C}_{\text{своб.}}$ (6,09 %), Al_2O_3 (0,46 %), Fe_2O_3 (0,30 %) и др. [2].

На основе полученных аналитических данных пыль может служить сырьевым источником для производства кремния. Однако непосредственная загрузка в печь данного мелкофракционного материала невозможна.

На процесс окомкования кварцсодержащих шихт, предназначенных для выплавки кремния со связующими веществами, влияет весьма большее количество факторов как физического, так и химического характера. Основными из них являются крупность исходных компонентов шихты, давление прессования, характер производимого сжатия, свойства прессуемого материала, физико-химические явления, возникающие в процессе окомкования, исходная влажность шихтовых материалов, способ подготовки шихтовых материалов для прессования и т.д. [3].

Современные способы окомкования осуществляются как с применением связующих материалов, так и без них. Используемые связующие - это материалы неорганического и органического происхождения.

Метод плавки окомкованной шихты с кремнеземсодержащим сырьем и углеродистым восстановителем и использованием древесной щепы в качестве разрыхлителя улучшает технологию выплавки кремния. Также использование в качестве сырья мелкофракционных кварцевых песков возможно в виде окомкованной шихты, что позволяет расширить сырьевую базу для производства кремния.

Преимущество выплавки кремния из окомкованной шихты и улучшение технологических показателей плавки за счет интенсификации процесса восстановления кремнезема в уплотненной шихте из тонких материалов доказана на практике [4].

Целью наших исследований явилась разработка методики окомкования мелкодисперсных сырьевых материалов. В качестве шихтовых материалов были использованы пыль газоочистки, нефтекокс. Связующим являлось жидкое стекло. Полученные окомкованные композиции обладали прочной пористой структурой.

Возврат отходов (кремниевой пыли) в производство в виде окомкованной шихты является экономически и экологически выгодным.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.B37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список

1. Немчинова Н.В., Клец В.Э. Кремний: свойства, получение, применение : учеб.пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 271 с.
2. Леонов С.Б., Зельберг Б.И., Авдеев М.П., Леонов Н.Б. Подготовка шихтовых материалов для электротермического производства кремния. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1991. – 155 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ

Тимофеев А.К.¹, Федоров С. Н.², Бельский С.С.³

¹магистрант гр. АЗОСм-12-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: g.a.n.d.j@mail.ru

²студент гр. МЦ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: fedorov.sn29@gmail.com

³к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: bss@istu.edu

Металлургический кремний получают в рудотермических печах (РТП) плавкой шихты, состоящей из кварцевого сырья и углеродистых восстановителей [1]. Экспериментальная оценка термодинамических показателей очень затруднена, так как процессы в печи – высокотемпературные (температура на дуге при выплавке кремния около 2500 °С), сопровождаются протеканием различных химических реакций с образованием промежуточных соединений. С помощью известных физико-химических методов анализа почти невозможно оценить процессы, протекающие непосредственно в РТП. Поэтому для таких процессов целесообразно применять методы физико-химического (термодинамического) моделирования.

В наших исследованиях мы использовали программный комплекс «Селектор», так как он лучше адаптирован к моделированию металлургических процессов.

Авторами [2] была сформирована базовая четырехрезервуарная модель выплавки кремния. Данная модель достаточно точно описывает реальные условия в печи, и с ее помощью можно изменять параметры состояния системы: температуру, химический состав шихты. К недостаткам модели можно отнести невозможность сравнения результатов моделирования с аналитическими данными.

Семирезервуарная модель по сравнению с базовой дополнена тремя резервуарами, два из которых представляют расплав кремния с температурами 1470 °С и 1100 °С, соответственно, а седьмой резервуар имитирует закристаллизовавшийся кремний при температуре 25 °С [3]. Однако в данной модели невозможно было проанализировать начало образования карбида кремния (как основного промежуточного соединения для получения элементарного кремния).

Следующим шагом для более детального изучения процесса производства кремния была разработка восьмirezервуарной модели, которая дополнена резервуаром с температурой 1600 °С [4]. Данная модель позволяет оценить влияние загрузки шихтовых компонентов на показатели выплавки кремния (извлечение, количество и состав пылегазовой смеси, химический состав кремния и др.) (рис. 1).

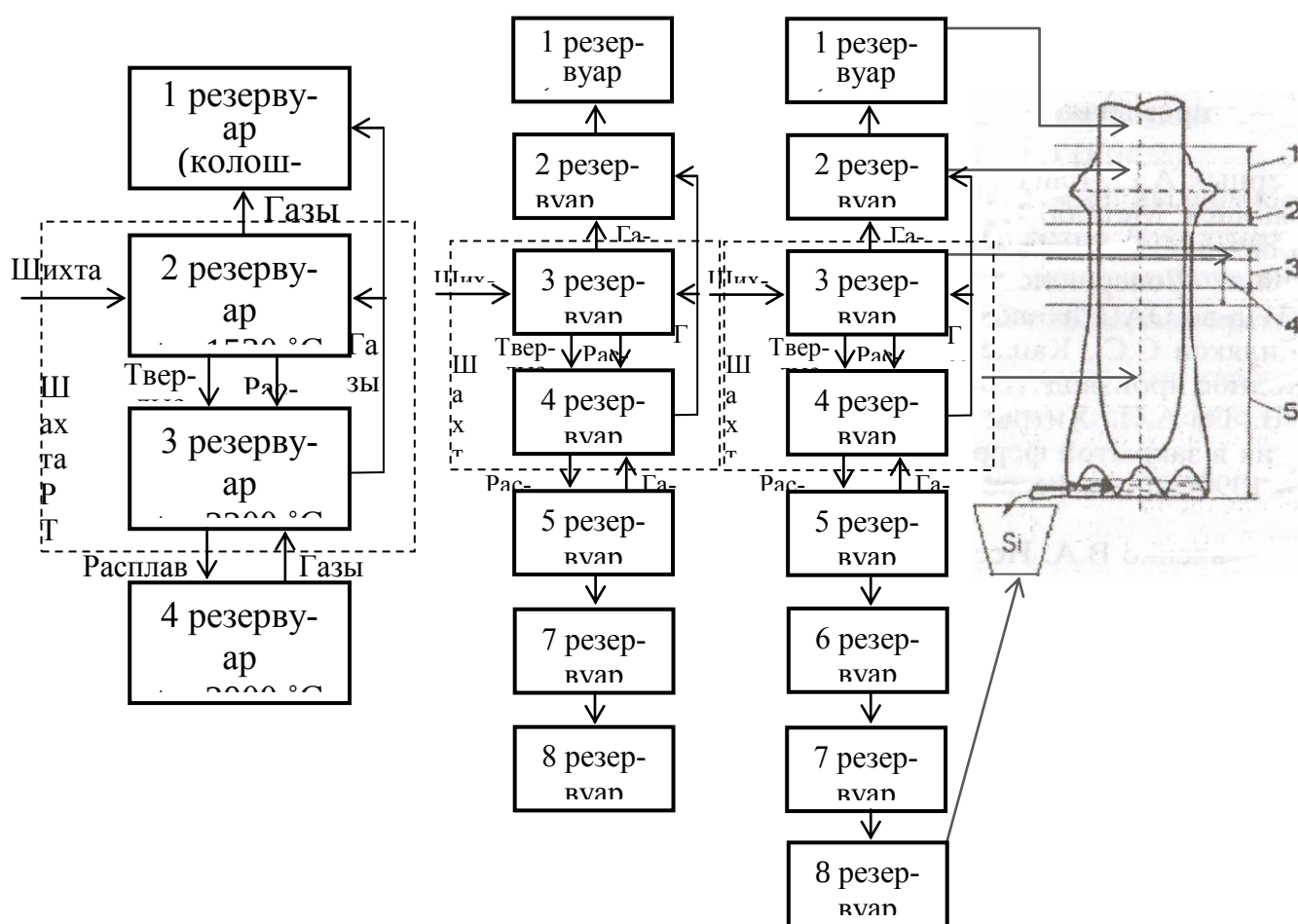


Рис. 1. Виды физико-химических моделей процесса выплавки кремния

1-я зона (500-1350 °С)
 2-я зона (1350-1475 °С)
 3-я зона (1625-1850 °С)
 4-я зона (1710-1900 °С)
 5-я зона (1900-2670 °С)

В перспективе планируется разработка пяти-, шестirezервуарной моделей, так как данное число резервуаров является оптимальным для

изучения основных закономерностей карботермического процесса выплавки кремния.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список

1. Катков О.М. Выплавка технического кремния: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1997. – 214 с.
2. Немчинова Н.В., Бычинский В.А., Бельский С.С., Клёц В.Э. // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2008. – № 4. – С. 56–63.
3. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Оптимизация карботермического процесса получения кремния в электродуговых печах // Цветные металлы. – 2010. – № 3. – С.98-102.
4. Немчинова Н.В., Бельский С.С., Тимофеев А.К. Исследование процесса карботермического получения кремния в электродуговых печах // Технология металлов. – М., 2012. – № 6. – С.3-9.

ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЮ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ

Т.А Бузикова¹, Н.В. Немчинова²

¹студент гр. МЦб-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: buzik2009@mail.ru

²доктор технических наук, заведующая кафедрой МЦМ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu

Кремний занимает второе место по распространенности на Земле после кислорода. Он является ближайшим аналогом углерода и играет большую роль в жизни животных и человека.

Спектр применения кремния достаточно широк: производство прозрачного диэлектрического стекла, керамики, бетонных изделий. В производстве резин кремний служит наполнителем, а в пищевой промышленности - в качестве вспомогательного вещества Е551 применяется аморфный непористый диоксид кремния, который препятствует окомкованию и слеживанию. Также применяется в фармацевтике в качестве сорбента (пищевые добавки, зубные пасты, лекарственные препараты). Плёнки диоксида кремния, полученные искусственно, используются в качестве изолятора при производстве микросхем и других электронных компонентов. С добавлением некоторых специальных ингредиентов, чистый плавленый диоксид кремния применяется для производства волоконно-оптических кабелей. Так же данный элемент применяют в производстве солнечных батарей. Столь широкое применение кремния объясняется его физико-

химическими свойствами: высокая огнеупорность и стойкость к воздействию кислот и щелочей [1,2].

Технический кремний получают в рудотермических печах, без рафинирования. Технология выплавки кремния описывается основной реакцией [1]:

Шихта представляет собой смесь кремнеземсодержащего сырья и углеродистых восстановителей (УВ). В зависимости от того, какой УВ используется для получения кремния карботермическим способом, ход технологического процесса различается.

УВ должен обладать рядом физико-химических свойств:

- низкая зольность;
- высокая реакционная способность;
- оптимальный гранулометрический состав;
- постоянство химического состава;
- приемлемая цена;
- высокое удельное электрическое сопротивление;
- хорошая термостойкость;
- достаточная механическая прочность;
- низкая плотность;
- хорошая газопроницаемость.

В качестве восстановителей используются: древесный уголь, нефтекс, технологическая древесина и каменный уголь; также существуют перспективные углеродистые восстановители (ангарский полукокс, торфяной кокс, торфобрикеты, кочерыжки кукурузных початков, бурый уголь и др.)

В природе встречаются различные высококачественные кремнеземсодержащие материалы [1].

Кварц самый распространенный минерал в земной коре. Основную часть данного кварцевого сырья добывают на Урале, особо выделяя жилу № 175 Кыштымского месторождения.

Горный хрусталь – прозрачный бесцветный кварц, его кристаллы имеют форму призм на концах, которых шестигранные конусы. Крупные месторождения расположены в Бразилии. В нашей стране запасы горного хрусталя имеются на Урале, Алдане, Южной Якутии. Для получения кремния данный вид сырья в нашей стране не используется.

Кварцит – горная порода сложенная зернами кварца, неразличимыми между собой, в изломе имеет раковистый вид. Характеризуется большим содержанием SiO_2 (95-99%). Месторождения: Антоновское, Черемшанское, Баническое. В Восточной Сибири разведаны Право-Иликтинское, Сарминское, Халхазур-Ангинское, Уватское крупные скопления данного сырья.

Кварцевые песчаники образовались из песка (кварцевых зерен). Могут использоваться в виде окомкованной шихты как сырье для выплавки

технического кремния. Месторождения: Тулунское, Иликтинское, Черемшанское (основная рудная база для ЗАО «Кремний»).

Гранулированный кварц – это кварц, претерпевший различные периоды формирования земной коры, что привело к глубокому очищению его химического состава и повышению прозрачности минерала. По качеству гранулированный кварц не уступает горному хрусталу, а по некоторым параметрам даже превосходит его. Может рассматриваться как перспективное сырье для получения кристаллического кремния высоких марок. Месторождение: Кузнечихинское, Агардяшское, Маукское, Аргазинское, Вязовское, Ектульское, Малокутулахское (Восточная Сибирь) [1].

В настоящее время основным сырьем для получения кремния служат кварц и кварцит.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 “Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики”

Библиографический список

1. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Кремний: свойства, получение, применение: учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 272 с.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki>

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ

А.К. Тимофеев

магистрант гр. АЗОСм-12-1, химико-металлургического факультета НИ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ak.timofeev@inbox.ru

Как известно протекающие процессы при выплавке кремния в руднотермических печах (РТП) практически невозможно изучить с помощью известных стандартных физико-химических методик, так как выплавка кремния в РТП – сложный высокотемпературный технологический процесс, сопровождающийся протеканием различных химических реакций с образованием промежуточных соединений.

Для изучения процесса получения кремния в РТП мы использовали программный комплекс (ПК) «Селектор», с помощью которого на начальной стадии авторами [1, 2, 3] были сформированы базовая 4-хрезервуарная и 7-мирезервуарная физико-химические модели, а так же для более детального изучения процесса была предложена расширенная 8-мирезервуарная модель.

При использовании ПК «Селектор» основной и начальной задачей является адаптация имеющихся данных (химический состав шихтовых

компонентов). Исходя из этого для более эффективного использования физико-химических моделей и решения технологических задач, нами была разработана программа «Программа подготовки данных для ввода в физико-химические модели технологических процессов (версия 1)» [4]. Данная программа позволяет ускорить процесс использования моделей и оптимально подобрать состав шихтовых компонентов, применяемых в процессе плавки кремния без проведения трудозатратных высокотемпературных экспериментов.

Алгоритм программы состоит из следующих операций:

- ввод исходных данных по химическому составу каждого сырьевого источника, поступающего на плавку (кварцит, углеродистые восстановители, угольные электроды и т.д.);
- пересчет химического состава в мольный эквивалент;
- пересчет концентрации примесных соединений и элементов (в %) в мольные количества с учетом загрузочных коэффициентов, используемых на производстве;
- вывод итогов перерасчета вводимых элементов и соединений для дальнейшей работы в физико-химических моделях получения кремния.

Интерфейс разработанной программы удобен в использовании, рабочее окно программы представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Результаты пересчета данных химического состава сырья для ввода в модель технологического процесса

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список:

1. Базовая физико-химическая модель карботермической плавки кремния / Н.В. Немчинова [и др.] // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2008. №4. С. 56-63.
2. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Оптимизация карботермического процесса получения кремния в электродуговых печах // Цветные металлы. 2010. №3. С. 94-99.
3. Применение физико-химического моделирования при изучении процесса выплавки кремния в руднотермических печах / Немчинова Н.В., Клёц В.Э., Бельский С.С., Тимофеев А.К. // «Цветные металлы – 2010»: материалы II Междунар. Конгресса и Выставки (2-4 сент. 2010 г., г. Красноярск). Красноярск, 2010. С. 161-166.
4. Свидетельство № 2011614945, Российская Федерация, Программа подготовки данных для ввода в физико-химические модели технологических процессов (версия 1) / Н.В. Немчинова, С.С. Бельский, А.К. Тимофеев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ИрГТУ. – № 2011613098, заявл. 29.04.2011; опубл. 23.06.2011.

МИНЕРАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ

Т.А. Бузикова¹ Н.В. Немчинова²

¹студент гр. МЦб-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: buzik2009@mail.ru

²доктор технических наук, заведующая кафедрой МЦМ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu

С древности люди знали и широко применяли соединения кремния в своих нуждах: орудия труда или украшения из драгоценных камней (амethyst, дымчатый кварц, хальцедон, хризопраз, топаз, оникс и др.) Но и наши дни спектр применения кремния достаточно широк, будь то производство прозрачного диэлектрического стекла, керамики, бетонных изделий. В производстве резин служит наполнителем. Применяется кремний в пищевой промышленности: он препятствует окомкованию и слеживанию. Используется в фармацевтике в качестве сорбента. Столь широкое применение кремнезема объясняется его физико-химическими свойствами, такими как высокая огнеупорность и стойкость к воздействию кислот и щелочей. Однако открыт этот элемент был сравнительно недавно. В 1811 го-

ду Ж.Гей-Люссак и Л.Тенар получили кремний в свободном виде при пропускании паров фторида кремния над металлическим калием, однако он не был описан ими как элемент, так как был сильно загрязнен. В 1823 году шведский химик Й.Берцелиус дал описание кремния, полученного им при обработке калиевой соли K_2SiF_6 металлическим калием при высокой температуре, однако лишь в 1854 кремний был получен в кристаллической форме А.Девилем. А первый способ получения промышленного кремния был изобретен только во 2-ой половине XIX в русским химиком Н.Н. Бекетовым [2]. Кремний – это хрупкий материал серо-стального цвета с атомным номером 14, он имеет 10 изотопов с массовыми числами 25-30, стабильными из которых являются следующие три изотопа: ^{28}Si (92,27 %), ^{29}Si (4,68 %), ^{30}Si (3,05 %). Данный элемент имеет кристаллическую решетку типа алмаза, но связь между Si-Si гораздо больше, чем между C-C, поэтому твердость кремния значительно меньше, чем у алмаза. Кремний хрупок, только при нагревании выше 800°C он становится пластичным веществом. Данный элемент прозрачен для инфракрасного излучения, начиная с длины волны 1,1 мкм[1].

Кремний не является ни металлом, ни неметаллом. По внешнему виду он похож на металл, но характеризуется другими физическими и химическими свойствами, поэтому его принято считать металлоидом. В Периодической таблице элементов металлические свойства увеличиваются с атомной массой, поэтому неудивительно, что неметалл (углерод) располагается вначале IV группы, а два родственных металла (олово и свинец) – в конце, как раз между ними расположен кремний.

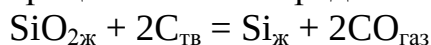
Кремний - удивительный элемент, он занимает второе место по распространенности на Земле после кислорода. Является ближайшим аналогом углерода и играет большую роль в жизни высших животных и человека.

В природе чаще всего кремний встречается в виде кремнезема (кварца). Около 12 % массы земной коры занимают соединения на основе диоксида кремния (IV) SiO_2 . Если расплавить любую форму диоксида кремния, а затем ее охладить, то образовавшаяся масса уже не будет минералом, а представляет собой стекло. Такое стекло называется кварцевым (плавленным кварцем): оно не обладает кристаллическими свойствами, так как атомы, образующие данное стекло, расположены в пространстве беспорядочно, также как в жидкости. Кварцевое стекло обладает высокой термостойкостью, пропускает ультрафиолетовые лучи, поэтому его используют для изготовления химической аппаратуры и инструментов (при быстром охлаждении и нагреве оно не лопается), а также при производстве ртутных ламп и оптических приборов, предназначенных для работы с ультрафиолетом.

Мало кто знает, то при нагревании аметиста до 300-350 °C он безвозвратно обесцвечивается или даже желтеет, а при обесцвечивании рентге-

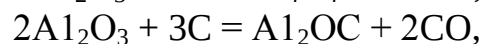
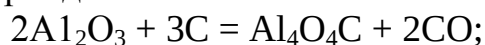
Сырьем для получения кремния служит диоксид кремния (кремнезем), который широко распространен в виде кварца, песка, глины. Он восстанавливается в руднотермических печах углеродом при температурах выше 2000°C [1].

Упрощенно реакцию процесса можно представить в виде:



Если же рассматривать ее более полно, то восстановление протекает с образованием большого количества промежуточных продуктов, основными из которых являются монооксид кремния SiO и карбид кремния SiC. Также в процесс поступают разнообразные оксиды примесей, среди которых можно выделить Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, TiO_2 , P_2O_5 , MgO, Na_2O , MnO, NiO, Cr_2O_3 , V_2O_5 и др., которые также восстанавливаются.

Алюминий из оксида восстанавливается через стадии образования сложных прочных оксикарбидов алюминия:



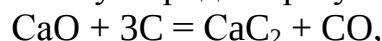
которые при высоких температурах могут восстанавливаться до карбида алюминия (Al_4C_3), но его образованию мешает совместная реакция глинозема с кремнеземом. В ходе дальнейшей плавки при температурах выше 2300°C алюминий (в виде летучих $\text{Al}_2\text{O}_{\text{газ}}$ и $\text{AlO}_{\text{газ}}$) выдувается из реакционной зоны газами и уносится в пыль.

Примесь железа поступает в процесс в виде гематита Fe_2O_3 , который в присутствии восстановителя CO переходит в FeO и образует элементарное Fe:



Железо практически не удаляется из процесса в виде газообразных продуктов, на 90% переходя в кремний, но, несмотря на это, его присутствие оказывает большое влияние на ход процесса, поскольку железо, растворяя кремний, выводит его из зоны реакции, тем самым сокращая его потери и улучшая термодинамические условия. Присутствие железа значительно снижает температуру начала процесса восстановления кремнезема.

Оксид кальция при избытке углерода образует карбид кальция:

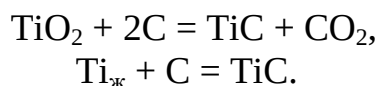


который остается в шихте без изменений. При повышенной температуре (1900-2200°C) избыток углерода не нужен.

Часть кальция в ходе плавки испаряется, переходит в реакционный газ, выдувается из горна и выделяется в виде пыли в форме CaO, другая часть (точное процентное количество зависит от состава загружаемых шихтовых материалов и технологического процесса) попадает в расплав кремния.

Фосфорный ангидрид P_2O_5 плавится при 563°C с переходом в парообразное состояние и удаляется с реакционными газами. В кремниевый расплав фосфора переходит около 20%.

Титан в виде TiO_2 сразу же связываются углеродом, давая карбиды:



Титан в наименьшей степени подвержен удалению в виде газообразных продуктов. Степень его перехода в кремний может достигать практически 100%.

Магний в виде MgO при взаимодействии с углеродом образует карбиды MgC_2 , Mg_2C_3 , которые являются неустойчивыми и разлагаются при температуре выше 800°C. Степень перехода магния в кремний по разным данным может достигать 10-30%.

Согласно материальному балансу процесса руднотермического восстановления кремния при загрузке в процесс, %, соответственно: кварцит – 21,43; нефтекокс – 0,93; каменный уголь – 3,1; колумбийский уголь – 4,03; древесная щепа – 58,04; электроды – 0,89; воздух – 6,31, на выходе образуются: технический (черновой) кремний – 9,3%; шлак – 0,18%; газы – 90,52%.

Таким образом, химический состав выплавляемого кремния во многом определяется составом поступающих на плавку сырьевых материалов, а также от ведения технологического процесса.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 “Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики”

Библиографический список

1. Катков О.М. Выплавка технического кремния: учеб. пособие / О.М. Катков. – 2-е изд. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 243 с.
2. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Кремний: свойства, получение, применение: учеб. пособие.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 272 с.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ

Н.В Немчинова¹, А.А. Молявко²

¹д.т.н., заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu;

²аспирант кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu.

Согласно современным теоретическим представлениям восстановление кремнезема с получением кремния в руднотермических печах (РТП) происходит многостадийно [1].

На 1-ой стадии(в низкотемпературной зоне РТП) протекает образование карбида кремния по реакции $\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO}$. (1)

Твердый карбид кремния - промежуточный продукт карботермического

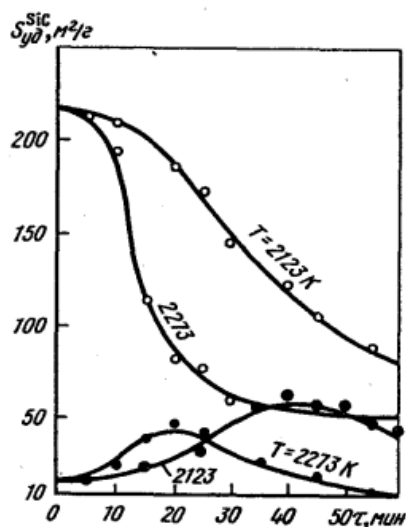


Рис. 1. Зависимость удельной поверхности псевдоморфозы карбида кремния по углероду от продолжительности изотермической выдержки при удельной поверхности графита 216,03 (O) и 15,71 м²/г (•) и разной температуре [3]

восстановления кремния из кремнезема - в высокотемпературной зоне РТП является единственным носителем восстановительного потенциала. Следовательно, технико-экономические показатели карботермического процесса определяются реакционной способностью его карбида. Термодинамические особенности протекания реакции (1) определяются не только изменением средних размеров частиц и проявлением соответствующих размерных эффектов, но и повышением концентрации и изменением типа распределения дефектов структуры в объеме твердых частиц вещества.

Известно, что уменьшение крупности частиц углеродистого восстановителя интенсифицирует процесс образования карбида кремния. Скорость образования карборунда в данном случае повышается вследствие сокращения толщины диффузионного слоя на каждой отдельно взятой частице углероди-

стого материала [2,3].

Можно предположить, что свойства SiC находятся в зависимости от радиуса частиц восстановителя, следовательно, как и в случае применения восстановителя традиционной крупности, показатели процесса будут определяться в конечном итоге реакционной способностью карборунда. На 2-ой стадии (в высокотемпературной зоне печи) происходит образование кремния по реакции: $\text{SiO}_2 + 2\text{SiC} = 3\text{Si} + 2\text{CO}$. (2)

Рудным компонентом шихты являются кварциты с высоким содержанием кремнезёма. Размеры их частиц определяют скорость процесса восстановления кремния. Поведению частиц кварцитов при нагревании, степени газификации кремнезема в процессе восстановления кремния необходимо уделять особое внимание. В таблице представлены данные гранулометрического состава кварцита в загружаемой в каждую из 4-х работающих печей шихте.

Гранулометрический состав кварцита в шихте

Дата загрузки в РТП	Содержание различных фракций (мм) кварцита, %								
	-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-90	90-100	+100
13.02.2013	2,34	11,15	16,01	11,69	23,02	15,65	20,14	0,00	0,00
27.02.2013	1,03	10,10	12,67	9,76	22,95	19,69	21,06	2,74	0,00
06.03.2013	6,90	6,40	14,90	15,40	19,40	16,40	12,70	7,90	0,00

Согласно практическим данным на ЗАО «Кремний» при загрузке шихты с различным фракционным составом кварцита изменяется количество выплавляемого кремния (рис. 2).

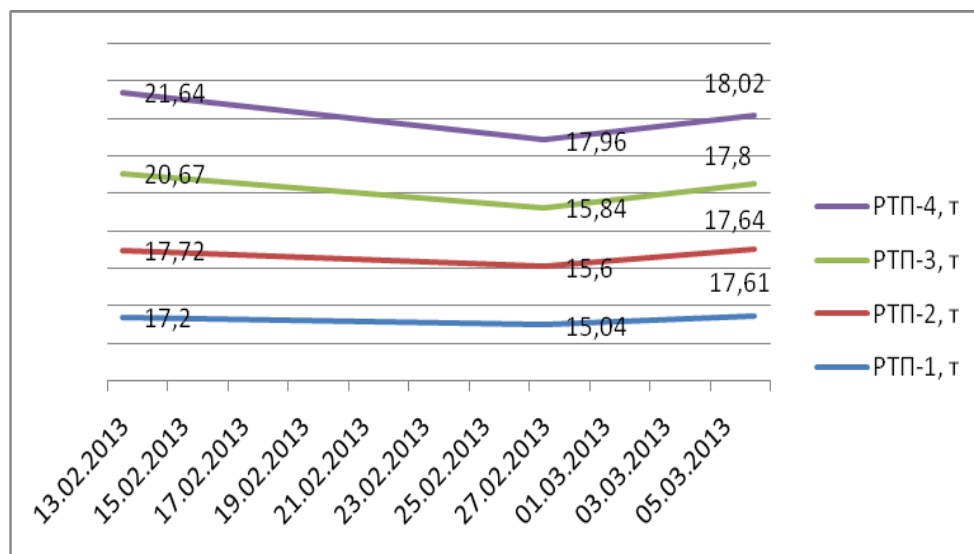


Рис. 2. Влияние гранулометрического состава кварцита на суточный выпуск кремниевого расплава

Таким образом, применение оптимального гранулометрического состава позволит интенсифицировать процесс восстановления кремния и повысить технико-экономические показатели работы РТП.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.V37.21.1064

Библиографический список

1. Катков О.М. Выплавка технического кремния: учеб. пособие / О.М. Катков. – 2-е изд. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 243 с.
2. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.
3. Изучение кинетических свойств карбида кремния, образующегося в процессе карботермического восстановления кремния из кремнезема // Известия вузов. Черная металлургия. – 1996. - №8. 14 с.

ВИДЫ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ

Федоров С. Н.

студент гр. МЦ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: fedorov.sn29@gmail.com

Для производства кремния используются плавильные печи, которые должны обладать следующими преимуществами:

1. достижение наибольшего теплового потока к поверхности материала и максимального его усвоения;
2. высокую удельную производительность при соблюдении технологического режима;
3. высокое качество целевого продукта при минимальных его потерях;
4. минимальные удельные энергетические затраты на реализацию заданного процесса;
5. механизацию операций и автоматизацию процессов управления работой печи;
6. низкие капитальные затраты на агрегат и вспомогательное оборудование;
7. благоприятные санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала и экологическую безопасность при эксплуатации агрегата;
8. безопасность и надёжность эксплуатации агрегата.

Оптимальным вариантом при выборе печей являются рудовосстановительные электропечи (РВП).

РВП – это агрегат, в котором нагрев происходит одновременно от электрической дуги и прохождения тока через шихту (печь смешанного нагрева).

Процессы в РВП (за исключением рафинировочных) характеризуются непрерывностью. Шихта загружается на колошник непрерывно, электроды постоянно погружены в шихту, выпуск продуктов плавки ведётся периодически (иногда непрерывно). В ванне печи находятся твёрдая и размягчённая шихта, жидкий металлический и оксидный расплавы, пары и газы.

По конструкции РВП могут быть открытыми (без свода), укрытыми (со специальным зондом), полузакрытыми и закрытыми (со сводом), как со стационарными, так и с вращающимися ваннами. По количеству электродов печи делятся на одноэлектродные или двухэлектродные (однофазные печи), трёх- и шестиэлектродные (трёхфазные печи). По форме ванны различают круглые (оборудованы электродами круглой формы), прямоугольные (могут быть оборудованы как круглыми, так и плоскими электродами), треугольные и овальные печи. В отличие от других металлургических

агрегатов мощность РВП определяют по установленной мощности печных трансформаторов. Условно выделяют печи малой (от 2,5 до 10,5 МВ·А), средней (от 10,5 до 33 МВ·А) и большой мощности (48, 81, 115 МВ·А). Проектируются сверхмощные печи (до 150 МВ·А). Из-за требований к чистоте получаемого кремния для его выплавки используются угольные или графитированные прессованные электроды.

Наибольшее распространение для производства кремния получили круглые трёхэлектродные печи средней мощности [1,2]. На ЗАО «Кремний» для получения кристаллического кремния используют круглые трехэлектродные печи мощностью 16,5 и 25 МВ·А. Годовой объем выпускаемой продукции до 42 тыс. тонн кремния [3]. Извлечение кремния при плавке в среднем составляет 65-80% [1]. Данные о химическом составе то-



Рис. 1. РВП обслуживаемая опиковочной машиной.

варной продукции технического кремния и рафинированного представлены в табл. 1,2 [4].

Таблица 1 – Химический состав товарных марок технического кремния

Марка кремния	Массовая доля, %				
	Кремний $\geq$	Примеси $\leq$, %			
		Fe	Al	Ca	Сумма, определяемых примесей
Кр00	99,0	0,4	0,3	0,4	1,0
Кр0	98,8	0,5	0,4	0,45	1,2
Кр1	98,0	0,7	0,7	0,6	2,0

Кр2	97,0	1,0	1,2	0,8	3,0
Кр3	96,0	1,5	1,5	1,5	4,0

Таблица 2 – Химический состав товарных марок рафинированного кремния

Марка кремния	Кремний $\geq$	Массовая доля примесей, %		
		Примеси $\leq$, %		
		Fe	Al	Ca
3301	99,3	0,30	0,30	0,010
3302	99,3	0,30	0,30	0,020
3303	99,3	0,30	0,30	0,030
331	99,2	0,30	0,30	0,10
4401	99,1	0,40	0,40	0,01
4402	99,1	0,40	0,40	0,02
4403	99,1	0,40	0,40	0,03
441	99,0	0,40	0,40	0,10
443	98,9	0,40	0,40	0,30
434	98,9	0,40	0,30	0,40
5503	98,9	0,50	0,50	0,03
551	98,9	0,50	0,50	0,10
553	98,7	0,50	0,50	0,30
554	98,6	0,50	0,50	0,40
665	98,4	0,60	0,60	0,50
751	98,6	0,70	0,50	0,10
776	98,0	0,70	0,70	0,60
868	97,8	0,80	0,60	0,80
951	98,4	0,90	0,50	0,10
1078	97,5	1,00	0,70	0,80
10610	97,4	1,00	0,60	1,00
1551	97,8	1,50	0,50	0,10
15715	96,3	1,50	0,70	1,50

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список

1. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Кремний: свойства, получение, применение: учеб.пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 272 с.
2. Катков О.М. Выплавка технического кремния: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1997. – 214 с.
3. www.rusal.ru
4. Крючков В.К., Ёлкин Д.К., Ясевич О.И., Овчинников С.А., Ёлкин К.С., Зельберг Б.И. Производство кремния. – С-Пб.: Изд-во МАНЭБ, 2013.–145 с.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РАЗЪЁМНО- КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ

Е.Ю.Радионо́в¹, Я.А.Третьяков², Н.В. Немчинова³, И.А. Сысоев⁴, В.А. Ершов⁵

¹ менеджер отдела математического моделирования и измерений, ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск, e-mail: Evgeniy.Radionov@rusal.com

² к.т.н., начальник отдела математического моделирования и измерений, ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск, e-mail: Yaroslav.Tretiyakov@rusal.com

³ д.т.н., заведующая кафедрой металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ninavn@istu.edu

⁴ к.т.н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, энергетического факультета ИрГТУ, г. Иркутск.

⁵ к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: V.Ershov@mail.ru

В последнее время большое распространение получили болтовые разъёмно-контактные соединения (далее РКС). Преимущество использования таких соединений в отличие от обычных сварных контактов заключается в следующем:

- снижение операционных затрат при выполнении работ при капитальном ремонте электролизёров, а именно демонтаже и последующем монтаже анодного устройства;
- отсутствие необходимости в удлинении (наращивании) шин анодного стояка после нескольких капитальных ремонтов;
- сокращение времени капитального ремонта электролизёра.

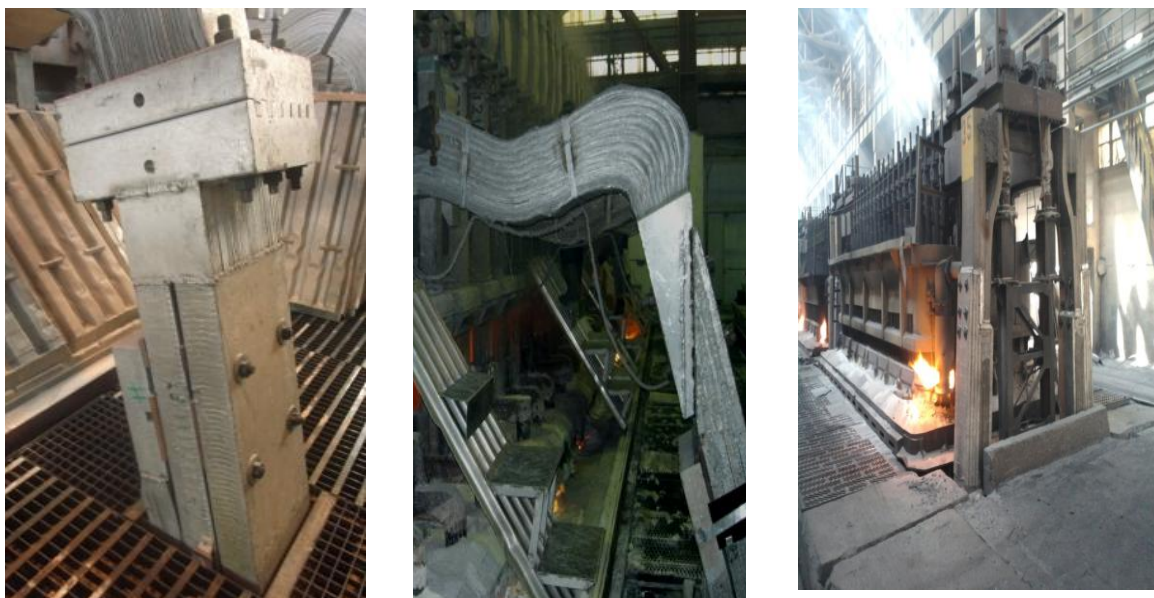
К недостаткам использования болтовых РКС можно отнести следующее:

- высокая себестоимость контакт-деталей (заключается в необходимости её дополнительной обработки: фрезеровке, а также проделывании отверстий под стягивающие шпильки);
- использование при монтаже различных протирочных жидкостей и дорогостоящих паст;
- в случае отсутствия дополнительного провара контакт-деталей аргонодуговой сваркой или с использованием сварки угольным электродом с течением времени существует вероятность роста перепада напряжения в контактах, что, в свою очередь в процессе эксплуатации потребует проведения дополнительного контроля состояния болтового РКС.

В течение 2011, 2012 года на нескольких типах электролизёрах ОК «РУСАЛ» были проведены исследования конструкции разборных контактных соединений.

Измерения перепада напряжения в РКС показали, что наиболее низкий перепад напряжения (5 мВ) характерен для болтового РКС с использованием двух контакт-деталей с ровной поверхностью и дополнительной их проваркой угольным электродом. Данный РКС используется на электролизёрах ОА-300М1 ОУ «Электролиз 300» филиала ОАО «СУАЛ» «УАЗ СУАЛ» (г. Екатеринбург).

С точки зрения экономии трудозатрат и времени капитального ремонта можно отметить РКС, применяемый на 5-ой серии ОАО «СУАЛ» филиала «ИрКАЗ СУАЛ». Однако в конструкцию данного РКС входят одни из самых дорогих контакт-деталей – гребенчатого типа.



а б в
Рисунок 1. РКС различных типов электролизёров:
а - ОА-300М2; б - ОА-300М1; в - С-8Б (ШПВВ)

Для РКС электролизёров типа С-8Б (ШПВВ) 20-го корпуса ОАО «РУСАЛ Братск» характерен перепад напряжения порядка 20 мВ. В данном контакте используются относительно недорогие, проваренные между собой контакт-детали; при этом обеспечивается удовлетворительный (для технологии электролиза) перепад напряжения и минимизируются трудозатраты и время проведения капремонта.

Тип РКС, применяемый на электролизёрах типа РА-167 на ОАО «РУСАЛ Новокузнецк», достаточно легко монтируется при капремонте, не требует использования дополнительной сварки и имеет перепад напряжения 10-15 мВ. К недостаткам такого соединения можно отнести постепенный, с течением времени эксплуатации, рост перепада напряжения в контактном узле.

Таким образом, нами была проведена оценка различных РКС электролизёров, эксплуатируемых в ОК «РУСАЛ». Показано, что наименьший перепад напряжения (5 мВ) характерен для РКС электролизёров типа ОА-

300М1. К наиболее легко монтируемому и не требующему существенных затрат при капитальном ремонте можно отнести РКС электролизёра РА-167.

Исследования проведены при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-7534.2013.8".

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСТЫЛЕЙ

А.В. Федотов¹, А.П. Дорошкевич²

¹ магистрант гр. МТМ -210303 института материаловедения и металлургии УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: fedotov.al2009@yandex.ru

² к.т.н, профессор кафедры тяжелых цветных металлов УрФУ, г. Екатеринбург.

При совместной переработке первичного и вторичного медьсодержащего сырья методом шахтной плавки образуются жидкие продукты. В зависимости от соотношения в шихте низкокачественного вторичного (лом, оборотные шлаки, печные выломки, корки из ковшей и др.) и первичного (сульфидные концентраты в виде брикетов, руда) сырья получают металлизированный штейн (черную медь) и шлак. Шлако-штейновый расплав поступает в электрообогреваемый отстойник, где происходит разделение жидких фаз. Это разделение должно обеспечивать минимальные потери меди, благородных металлов со шлаком. Электрообогреваемый наружный горн оборудован графитовыми электродами, которые погружены в шлак. В таком случае электродные электропечи работают в режиме сопротивления (а не открытой дуги). Преобразование электрической энергии в тепловую происходит за счет электросопротивления шлакового расплава и микродуг, образующихся между твердым материалом электрода и жидким шлаком.

Общий суммарный объем рабочего пространства отстойника составляет 22 м³, в том числе объём расплава 17 м³. В процессе практически трехлетней кампании работы комплекса шахтная печь – электрогорн отстойник постепенно зарастает настылями, его объем резко уменьшается (на 80-90% от первоначального).

Для изучения вещественного и минералогического состава были отобраны пробы настылей из различных участков электроотстойника. Структурный анализ проб настылей проводили на многоцелевом рентгеновском дифрактометре BrukerD8 Advance, который позволяет осуществлять качественный и количественные исследования образцов. Программные пакеты дают возможность проводить базовую обработку дифрактограмм, получать безэталонный количественный анализ.

Из большого перечня предполагаемых фаз установлено, что в пробах настый преобладают оксидные составляющие, представленные $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{ZnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$, и сульфидно-металлическая фаза в виде сульфидов меди, железа, цинка, свинца и железо-медного сплава. Остальные фазы не были выявлены, что может быть связано с их малым количеством или из-за слишком больших размеров их кристалликов.

Выполнены экспериментальные плавки настый при температурах 1250-1320°C, в результате которых не наблюдалось расплавление настый, имело место частичное спекание, оплавление частиц.

На основании химических и минералогических анализов, а также выполненных лабораторных плавки сделан вывод, что настый электроотстойника являются тугоплавкими (свыше 1300°C), и их разрушение может быть достигнуто за счет введения флюсов и повышения температуры. Для разрушения (растворения) настый были выполнены многочисленные экспериментальные плавки настый с различными флюсовыми смесями. Испытаны флюсы, в состав которых входили: кальцинированная сода, плавиновый шпат, бутылочное стекло, фтористый натрий, клинкер, кварц, конвертерный шлак, кокс.

В результате экспериментов был найден оптимальный состав флюсовой смеси для разрушения (расплавления, растворения) настый. Компонентами флюсовой смеси являются: конвертерный шлак, кварц, клинкер, плавиновый шпат.

Использование конвертерного шлака, как одного из компонентов флюсовых смесей, предполагает его применение в качестве относительно легкоплавкого железистого флюса.

Вследствие низкого содержания в настых кремнезема, его наличие в составе флюсовой смеси должно способствовать получению жидкотекучего расплава.

Клинкер (28-35% Fe, 18-20% SiO_2 , 20% C), вводимый в состав флюсовой смеси, может обеспечить повышение содержания в расплаве железа и кремнезема и, таким образом, получить шлаковый расплав с лучшими физико-химическими характеристиками. Содержащийся в клинкере углерод и металлическое железо служат восстановителями.

Плавиновый шпат (флюорит) как в черной, так и в цветной металлургии способствует снижению температуры плавления и вязкости шлаков.

При использовании флюсовой смеси оптимального состава наблюдалось расплавление настый с образованием жидких фаз и последующим разделением на шлак и штейн.

В полученных шлаках после расплавления настый с использованием флюсовой смеси (клинкер, кварц, конвертерный шлак, плавиновый шпат) содержание меди снижалось до 0,6%

Показана эффективность растворения и разрушения настывей-электрогорна при использовании относительно дешевых и доступных флюсов.

Библиографический список

1. Metallurgiya vtorichnykh tyazhelykh tsvetnykh metallor / Худяков И.Ф., Дорошкевич А.П., Карелов С.В - М., Metallurgiya, 1987, 525с.
2. Нус Г.С. Обеднительная электропечь – технологическое долголетие// Цветные металлы. 2009. №2. С. 59-62.
3. Строителев И.А. Роль хрома в образовании настывей в отражательных печах и отстойниках шахтных печей медеплавильных заводов // Цветные металлы 1964. №8. С. 23-26

МЕТОДЫ ПРИБЛИЖЁННЫХ РАСЧЁТОВ ЭНТАЛЬПИИ, ЭНТРОПИИ И ТЕПЛОЁМКОСТИ ДВОЙНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Кузьмин М.П.

аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

В металлургии для решения ряда конкретных технологических задач требуется точное знание термодинамических свойств интерметаллических соединений и сплавов. Сведения о термодинамических свойствах бинарных соединений на основе алюминия являются недостаточно полными и противоречивыми, т.к. при их экспериментальном определении возникают большие трудности из-за высокой химической активности алюминия [1]. Помимо экспериментальных методов определения термодинамических свойств бинарных соединений существуют методики их приближённого расчёта.

В работе рассмотрены основные методики приближённых расчётов стандартной энтальпии образования, энтропии и теплоёмкости для интерметаллических химических соединений. Методики оценивались на бинарных системах на основе алюминия. Выявлены наиболее пригодные методы расчёта, а также методики, позволяющие определять искомые величины с наименьшей погрешностью. Проведена сравнительная оценка, выявлены плюсы и минусы каждой из рассмотренных методик.

Энтальпия образования

Применительно к интерметаллическим соединениям определение энтальпии образования представляет наибольшую трудность, т.к. для данного типа соединений в литературе обычно присутствует ограниченное количество данных. Поэтому к интерметаллическим соединениям можно

применить принцип сравнительного расчета – сопоставление энтальпий образования однотипных соединений. К таким методам относится метод Беркенгейма [7].

Сопоставляемые соединения могут иметь либо общий катион, либо общий анион. Для 16 рассмотренных интерметаллических соединений точность метода составила $\pm 7,5\%$.

Стандартная энтропия

В работе рассмотрены девять существующих методов приближенного расчёта. Выявлено, что для получения термодинамических данных интерметаллических соединений наиболее приемлемыми являются только три:

1) Метод Филиппина

Расчёт энтропии, основанный на учете молярной массы соединения и его плотности [7]:

$$S_{298}^0 = a \cdot \ln (M^2/\rho) + b,$$

где ρ – плотность соединения, а и b – постоянные для однотипных соединений.

Метод проверен на 40 соединениях и его точность составила $\pm 7\%$.

2) Аддитивный метод (Латимера и Келли)

Основан на суммировании инкрементов энтропии отдельных ионов, образующих соединение. Метод отличается своей простотой и наличием исходных данных, однако его точность, исследованная на 50 интерметаллических соединениях составляет $\pm 10,5\%$.

3) Метод Герца

В основе метода лежит эмпирическая формула, установленная Герцем для элементов и неорганических соединений:

$$S_{298}^0 = K_r \cdot (M / c_{p,298})^{1/3} m,$$

где K_r – некоторая постоянная (согласно Герцу $K_r = 20,5$).

Точность метода составляет $\pm 8\%$.

Теплоёмкость

Проанализировано восемь существующих методов и выявлено, что для расчёта теплоёмкости интерметаллидов наилучшими показателями обладают следующие:

1) Метод Неймана – Коппа

В этом методе используется правило сложения теплоемкостей элементов, составляющих соединение:

$$c_p(A_qB_r) = q c_p(A) + r c_p(B)$$

Метод позволяет достаточно точно оценивать теплоемкости интерметаллических соединений ($\pm 4,0\%$).

2) Метод Л. И. Ивановой

В основе лежит простая полуэмпирическая формула, связывающая теплоемкость твердого соединения с температурой первого фазового перехода $T_{\text{перв}}$. [4]:

$$c_p = m \cdot (22,14 + 8,32)$$

Метод привлекает своей простотой и доступностью исходных данных. Для 60 интерметаллических соединений точность составила $\pm 3,5\%$.

С помощью рассмотренных методик приближённого расчёта термодинамических характеристик можно с высокой точностью определять значения физико-химических свойств двойных интерметаллических соединений на основе алюминия, прогнозировать возможность образования интерметаллидов, пределы их существования, а также пути извлечения необходимых металлов из алюминия и его сплавов.

Библиографический список

1. Иванова Л.И. Приближённые расчёты теплоёмкости неорганических соединений / Л.И. Иванова // ЖФХ. – 1961, т. 35, № 9, с 2120 – 2122.
2. Морачевский А.Г. Термодинамические расчёты в металлургии / А.Г. Морачевский, И.Б. Сладков – М.: Металлургия, 1985. – 136 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОКИСЛЯЕМОСТИ И РАЗРУШАЕМОСТИ АНОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСИ НАТРИЯ

А.Н. Баранов¹, А. В. Гуляев²

¹профессор кафедры МЦМ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranov@mail.ru,

²аспирант кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: Gav89_89@mail.ru

На сегодняшний день основным способом получения металлического алюминия по-прежнему остается электролиз криолит-глиноземного расплава в электролизерах с угольным анодом. Аноды алюминиевых электролизеров как самообжигающиеся, так и обожженные играют важную роль в технологии электролитического производства алюминия. К анодам современных алюминиевых электролизеров предъявляется ряд требований: высокая электропроводность; высокая механическая прочность; высокая термостойкость; низкая реакционная способность и разрушаемость. Качество угольных анодов существенно сказывается на себестоимости алюминия. В частности высокая реакционная способность и разрушаемость анода ведет к его повышенному расходу и, как следствие, к повышению финансовых затрат. Качество анодов зависит от целого ряда условий, таких как свойства исходного электродного сырья, условия производства анодных масс и обожженных анодов и правильность ведения технологии анодов непосредственно в электролизерах. Остановимся более подробно на свойствах исходного электродного сырья – кокса и пека, влияющих на

качество анодов алюминиевых электролизеров. В настоящее время перед предприятиями алюминиевой промышленности остро стоит проблема влияния свойств исходного сырья на качество анодов. В связи с тем, что на сегодняшний день имеется множество производителей кокса и пеков, становится практически невозможно получить на одном предприятии постоянное по составу и качеству сырье. Данный фактор может привести к нестабильному качеству анодов, в частности к повышению реакционной способности и разрушаемости угольных анодов. Главными примесями, присутствующими в аноде являются: сера, ванадий, никель, кальций, кремний и натрий. Неорганические примеси, в основном металлы щелочной и щелочноземельной группы, присутствующие в аноде, увеличивают каталитически скорость окисления углерода по реакциям:



Считается, что основной примесью влияющей на окисляемость анода является натрий, причем его влияние более важно для реакции (1) чем для реакции (2). Источником этой примеси в пековых коксах служит содовый раствор, вводимый в исходные для коксования продукты для нейтрализации солей аммония, вызывающих коррозию аппаратуры. В нефтяных коксах источником Na могут быть растворы нефтедобычи и воды охлаждения кокса.

На основании этого было проведено исследование табл. с целью изучить влияние примеси натрия на разрушаемость образца анода в токе CO_2 и его окисляемость. Содержание Na в образцах определялось химическим путем. Разрушаемость и окисляемость анода анализировалась в аппарате РТГ-1.

Таблица Зависимость окисляемости и разрушаемости от содержания примеси Na в аноде

Номер образца	Окисляемость, мг/(см ² *час)	Разрушаемость, мг/(см ² *час)	Содержание Na, %
1	21,9	23,9	0,012
2	20,0	21,4	0,011
3	18,3	19,4	0,009
4	20,2	22,0	0,011
5	24,6	26,2	0,014
6	21,0	22,0	0,012
7	19,2	20,3	0,010
8	22,2	23,1	0,011
9	20,5	22,0	0,009
10	19,2	20,3	0,007
11	18,4	19,4	0,007
12	18,2	19,4	0,006

13	17,5	18,7	0,006
14	17,1	18,0	0,005
15	25,0	25,8	0,014
16	19,1	20,5	0,012
17	24,9	26,4	0,021

Из данных исследования видно, что разрушаемость и окисляемость анодов напрямую зависит от содержания примеси Na. Корреляция данных составила 0,875. Исходя из этого, для увеличения качества анода (как предварительно обожженного, так и самообжигающегося) необходимо осуществлять жесткий контроль за содержанием примесей натрия, как в исходном сырье, так и в готовом аноде.

Библиографический список

1. Янко Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров/ Э.А. Янко – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2001. – 672 с.
2. Хьюм Шералин Мари. Реакционная способность анода. Второе издание/ Пер. с англ. проф. П.В. Полякова.- Красноярск: Издательство «Классика»», 2003. – 460 с.
3. Веселовский В.С. Угольные и графитовые конструкционные материалы/ В.С. Веселовский – М., Л.: Наука, 1966. – 492 с.

УСТРАНЕНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЧУШЕК ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ

М.П. Кузьмин¹, М.Ю. Кузьмина², П.Б. Кузьмин³, В.В. Кучина⁴

¹аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

²к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

³к.т.н., начальник ОЛ ЛЦ ОП ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Шелехов, e-mail: Petr.Kuzmin@rusal.com

⁴студентка гр. МЦ-09-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kuchina.baks@yandex.ru

Наличие усадочных раковин, а также сопутствующих им усадочных трещин на малогабаритных алюминиевых чушках не только ухудшает внешний вид, но и влияет на безопасность переработки продукции: в случае попадания в пустоты влаги, у потребителя при переплавке может произойти выброс металла. Целью работы является уменьшение размеров концентрированных усадочных раковин, минимизация числа раковин, заканчивающихся пустотами глубоко в теле чушки, устранение усадочных

трещин на чушках. Работа выполнена на базе технологии и оборудования ИркАЗа при литье чушек 22,7 кг на автоматической литейной линии “Бефеса”.

Несмотря на наличие водяного охлаждения изложниц на конвейере, конфигурация алюминиевых чушек весом 22,7 кг с массивной средней частью и их сравнительно большой вес приводят к образованию усадочных дефектов даже при рациональных параметрах литья. Варьирование обычных технологических параметров (скорость литья, температура металла при литье, температура изложниц) либо не оказывают заметного влияния на процесс, либо не могут быть сильно изменены в силу производственных факторов. Поэтому были исследованы альтернативные методы воздействия на формирование чушки. Исследовано влияние суспензионного литья и модифицирования. Установлено положительное влияние модифицирования металла прутковой лигатурой $Al-Ti-B$ за счёт более объёмного характера затвердевания [1]. Однако метод является достаточно затратным из-за использования дорогостоящей лигатуры.

В настоящей работе исследовано влияние на усадку оксидных плёнок, образующихся на литниковой поверхности чушки. При литье на автоматической линии, в отличие от литья 15 кг чушек на конвейере, оксидные плёнки не снимаются, и, как оказалось, оксидная плёнка на литниковой поверхности чушки оказывает решающее влияние на характер затвердевания металла. Это влияние основано на различии в физических и механических свойствах оксидной плёнки и алюминия.

Существует два основных типа оксидов алюминия: $\alpha-Al_2O_3$ и $\gamma-Al_2O_3$. При температурах литья ($\sim 700^\circ C$) наиболее вероятно образование оксида $\gamma-Al_2O_3$ [2]. Была поставлена задача измерения толщины оксидной плёнки. Непосредственно измерить её толщину на поверхности чушки в наших условиях не представлялось возможным. Поэтому был применён метод измерения толщины поверхности пузырьков, образующихся на поверхности чушки, например, при выделении влаги, с поверхности изложницы. Пузырьки всплывают и приподнимают образовавшуюся оксидную плёнку. Толщину оксидной плёнки измеряли микрометром. Она в среднем составляет 0,23 мм.

После удаления толстого слоя оксидной плёнки с поверхности металла, на поверхности вновь образуется очень тонкая (предположительно аморфная) плёнка. На этой тонкой эластичной плёнке хорошо видны разрывы, возникающие при усадке алюминия. Указанные разрывы тонкой плёнки не вызывают образования трещин в металле. Физические свойства толстой плёнки, имеющей кристаллическую структуру и фазовый состав близкий к $\gamma-Al_2O_3$, резко отличаются от свойств алюминия. Оксидная плёнка $\gamma-Al_2O_3$ имеет удельный объём меньший, чем у нижележащего алюминия, поэтому после образования она подвергается растягивающим напряжениям. В процессе усадки напряжения растут, достигают предела прочности и вызывают образование трещины в оксиде. В случае большой тол-

щины оксидной пленки (порядка 0,15–0,30 мм) на поверхности контакта оксид–металл развивается усилие, достаточное, чтобы инициировать зарождение трещины в нижележащем затвердевающем металле. Разрыву пленки способствуют перегибы поверхности чушки, возникающие при образовании усадочной раковины.

Установлено, что удаление или сдвиг образовавшейся при заливке изложницы оксидной пленки позволяет получить бездефектную поверхность алюминиевой чушки. В результате в центральной части формирующейся чушки вместо усадочных пустот в виде раковины с “провалом” и сопутствующими трещинами образуется гладкая неглубокая усадочная впадина, лунка без трещин и “провалов”.

Полученные в работе данные позволяют усовершенствовать существующий технологический процесс, свести до минимума выпуск дефектной продукции, и, как следствие, получить существенную экономию операционных затрат.

Библиографический список

1. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю., Кучина В.В. Устранение усадочных дефектов при литье малогабаритных чушек из алюминия // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов: материалы докл. науч.-техн. конф. с междунар. участием, апр. 2012 г. Иркутск, 2012. С. 73–75.

2. Мондельфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / пер. с англ. под ред. Ф.И. Квасова, Г.Б. Строганова, И.Н. Фридляндера. М.: Металлургия, 1979. 640 с.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОБ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Кузьмин М.П.¹, Кузьмина М.Ю.², Пьявкина А.А.³

¹аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

²к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

³студентка гр. МЦ–10–1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: pyavkinaa@mail.ru

Первоначально при производстве литейных сплавов на ИркАЗе в качестве образцов для спектрального анализа использовали цилиндрические пробы. При этом большое число проб имело неоднородный химический состав. Методика спектрального анализа предполагает, что разница между тремя единичными определениями – “прожигами” не превышает опреде-

лённой величины (норматив сходимости). Например, для кремния, при его содержании 7 % (масс.) норматив составляет 0,26 % (масс.). При превышении данного норматива проба признаётся неоднородной. В этом случае анализируется вторая (параллельная) проба, и, если результат тот же – бракуется продукция (литейный сплав). Для решения данной проблемы потребовался критический анализ конфигурации пробы, методики её отбора и анализа [1,2].

Неоднородность состава металла в пределах пробы, в масштабе порядка 3–15 мм определяется ликвацией. Поэтому, был изучен характер ликвации кремния, магния и титана в пробах и чушках.

Исследовано распределение элементов по глубине при последовательном срезе донной части каждой пробы с шагом 4 мм. Полученные данные показывают, что содержание Si и Mg , составляющее в среднем 7,0–6,8 и 0,38–0,36 % (масс.) соответственно, уменьшается по направлению к верхней части пробы, т.е. присутствует обратная ликвация. Ликвация Ti не обнаружена, так как его содержание (0,11 % масс.) не изменяется в исследованном диапазоне.

Исследовано проявление зональной ликвации в поперечном сечении пробы на глубине среза 12 мм при расстоянии между центрами “прожигов” 8–12 мм. Обнаружено, что Si , Mg так же, как и в предыдущем эксперименте, при кристаллизации сплава обогащают периферию, и их процентное содержание изменяется соответственно.

Ликвация также исследовалась в масштабе отливки – малогабаритной чушки сплава. Для исследования ликвации были изготовлены поперечные темплеты 15-кг чушек. Затем методом спектрального анализа определено содержание Si в литниковой и донной части образцов. Результаты представлены в таблице.

Таблица - Результаты спектрального анализа темплетов 15-кг чушек сплава

№ темплета	Точка прожига	Содержание Si , %
1	Литниковая часть	7,0–6,5
	Донная часть	6,6–7,1
	Боковая часть – район замка	6,94
	Торцевая часть	6,93
2	Литниковая часть	6,5–6,8
	Донная часть	6,5–7,2
	Боковая часть – район замка	7,08
	Торцевая часть	7,07

Как видно из таблицы, разброс Si в готовой продукции (в литниковой части) составляет 0,5–0,6 %. Так как скорость кристаллизации чушки в боковых и торцевых частях выше, чем в донной и литниковой частях, веро-

ятно химический состав именно этих участков близок к истинному среднему составу сплава.

На основе проведённых исследований был определён способ повышения однородности проб для спектрального анализа. Это увеличение скорости охлаждения сплава с соответствующим измельчением макроструктуры металла и подавлением зональной ликвации.

С целью увеличения скорости охлаждения были внедрены “грибковые пробы”, отливаемые на медную пластину. Толщина шляпки – 4 мм, что на порядок меньше приведённой толщины цилиндрической пробы, а теплоёмкость меди почти на порядок превышает теплоёмкость стали. По результатам исследований также была изменена схема контроля литейного сплава. В случае неоднородности пробы теперь отбирается и анализируется металл непосредственно от чушки в месте наименьшего проявления ликвации.

Библиографический список

1. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю., Кучина В.В. Устранение усадочных дефектов при литье малогабаритных чушек из алюминия // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов: материалы докл. науч.-техн. конф. с междунар. участием, апр. 2012 г. – Иркутск, 2012. – С. 73–75.

2. Кузьмин П.Б., Стрелов А.В., Рагозин А.Л., Кузьмина М.Ю., Кузьмин М.П. Предотвращение усадочных дефектов при литье малогабаритных чушек алюминия и его сплавов // Цветные металлы 2011: сборник докл. 3-го междунар. конгресса, сент. 2011 г. – Красноярск, 2011. – С. 504–509.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

А.Н.Баранов¹, П.А.Якушевич²

¹д.т.н., профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: A_baranow@mail.ru

²аспирант ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: pashayakushevich@mail.ru

В настоящее время в качестве токоподводов алюминиевого электролизера используются анодные штыри и бляхи изготовленные из стали Ст3. Для повышения коррозионной стойкости токоподводов предложено наносить хромуглеродные композиционные покрытия [1,2]. Для повышения электропроводности токоподводов используются тонкоизмельченный графит размером 300 нм. Однако известно, что наночастицы углерода обладают электронной проводимостью. В связи с этим нами рассмотрена

возможность получения тонкоизмельченных углеродных материалов из отходов производства алюминия. Проблема переработки твердых фторуглеродсодержащих отходов на российских алюминиевых заводах стоит достаточно остро по причинам как экологического, так экономического характера [3].

Как показали исследования, проведенные ранее, хвосты флотации угольной пены подходят для изготовления брикетов простых цилиндрических форм. Отношение диаметра таких брикетов к их высоте без потери прочности может составлять 0,6-1,3. На данный момент нами рассматриваются несколько путей использования готовой продукции из хвостов флотации угольной пены. Первый - использование в качестве восстановителя в черной металлургии, второй - производство брикетов с высокой теплотворной способностью для замены брикетированной угольной мелочи на ТЭЦ, третий – изготовления электродов для получения дугового разряда.

Для синтеза углеродных нанотрубок предложено большое количество реакторов, но изготовленная из стали вакуумная камера для дугового испарения является классическим и наиболее надежным примером [4].

Эксперименты проведенные на участке производства фторсолей ОАО «РУСАЛ Братск» позволили получить кратковременный дуговой разряд между электродами, изготовленными из хвостов флотации угольной пены.

Условия проведения эксперимента были следующими:- диаметр анода - 3 см; длина анода - 5 см; диаметр катода - см; высота катода -6 см; напряжение- 65В; сила тока -35-70А; расстояние между электродами составляло менее 1мм в начале эксперимента, после чего было увеличено до 2,5-3,0 мм.

В начале эксперимента электроды были расположены на минимальном расстоянии. После установки напряжения и силы тока, расстояние между электродами было увеличено до рабочего, что составило примерно 1,5-2,5 мм.

На основе полученных результатов предложена схема для синтеза наноразмерных углеродных структур, с использованием резервного технологического оборудования УФС. Данная схема предполагает изготовление герметичной камеры, анодного и катодного токоподвода, воздушного патрубка для соединения с вакуумным насосом, систем охлаждения токоподводов.

Одним из путей использования полученных порошков может стать их нанесение на стальные штыри электролизеров для производства алюминия, что теоретически позволит снизить сопротивление на границе «анодный штырь – анод».

Дальнейшие работы в данном направлении предполагают поиск путей интенсификации процесса дугового испарения и увеличения количества получаемого продукта.

Библиографический список

1. Рециклинг и утилизация фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства // Баранов А.Н., Немчинова Н.В., Аникин В.В., Моренко А.В. / Вестн. ИрГТУ, 2012. - №2 (61). - С.63-70.
2. И.Г. Гамаюнов, А.Н. Баранов, А.Н. Юдин. Применение композиционных покрытий на основе хрома для уменьшения падения напряжения в подине алюминиевого электролизера // Упрочняющие технологии и покрытия.-2010.-№8.-С.34-38.
3. Патент РФ № 2459018. Способ получения комбинированного хромового покрытия / Баранов А.Н., Юдин А.Н., Янюшкин А.С. Рычков Д.А./ № 2010130585/02; заявл. 20.07.2010. Оpubл. 20.08.2012. Бюл. № 23.
4. Рудской А.И. Нанотехнологии в металлургии. – Спб.: Наука, 2007.

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БОРТОВОЙ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

А.Н. Баранов¹, Э.Н. Додонов²

¹профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranow@mail.ru

²аспирант химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: Dodonov Eduard [Eduard.Dodonov@rusal.com]

Электролитическое получение алюминия производится в электролизерах состоящих из катодного и анодного устройства. Катодное устройство содержит подовые блоки и бортовые блоки, которые подвергаются интенсивному коррозионному воздействию при контакте с криолит-глиноземным расплавом[1].

Бортовые блоки изготавливают из предварительно обожженных угольных блоков. Грансостав бортовых блоков такой же, как и у подовых блоков, часть бортовых блоков режут из отходов производства. Именно поэтому бортовые блоки не обладают высокой коррозионной устойчивостью.

Катодные блоки состоят главным образом из агрегатных материалов на углеродной основе (графит, кокс) соединенных вместе в матрице связующего пека. При использовании агрегатных материалов в качестве основного материала наполнителя, неизбежно образование между гранулами пустот. Пустоты образуются в результате неудовлетворительной упаковки частиц в объеме материала. Для уменьшения количества пустот между зерен используются различные размеры фракций сырья. В данном случае пустоты, образованные между крупными зернами будут заполняться более мелкими зернами. Следовательно, баланс между различными размерами

фракций агрегатного материала должен быть таким, чтобы обеспечивалось минимальное количество пустот.

Помимо пустот между гранулами, в процессе обжига катодных материалов образуются поры вследствие удаления летучих веществ. В течение обжига катодные блоки нагреваются примерно до температуры 1000 °С, чтобы произошла карбонизация. Карбонизация превращает связующий пек в твердый углерод, в котором агрегатный материал наполнителя связан стабильными мостиками кокса.

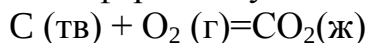
Однако в течение карбонизации происходит выделение летучих веществ из катодного материала, что приводит к образованию пор. Это открытые поры, поскольку они представляют собой пути, по которым удалялись летучие вещества из материала в процессе обжига. Поры, образованные в результате выхода летучих, обычно соединены между собой внутренними трещинами, образованными в результате усадки связующей фазы в процессе обжига, графитизации и охлаждения продукта.

В самом материале наполнителя поры представлены в малой степени. Эти поры обычно являются трещинами, образованными в течение коксования и кальцинации кокса наполнителя. Как правило, эти щели идут параллельно оси зерен. В большинстве случаев доступные поры заполняются связующим пеком на стадии смешивания катодного продукта и, следовательно, не оказывают особого вклада в общую пористость материала.

Размеры пор в катодных материалах могут варьироваться от нанометров до сотен микрон для больших щелей, представляющих собой структурные дефекты. Поры обычно классифицируются как открытые и закрытые. Открытыми порами являются поры и пустоты, имеющие выход к наружной поверхности материала. Открытая пористость обычно измеряется методом ртутной порометрии, в котором ртуть под давлением принудительно внедряется в поры материала.

Закрытая пористость представляет собой полости внутри материала, не имеющие выхода на внешнюю поверхность. В случае катодных материалов закрытыми порами являются, как правило, пустоты между гранулами в объеме материала.

Уголь не стоек в атмосфере воздуха и окисляется по реакции:



Окисление воздухом усиливается в присутствии примесей соединений ванадия, свинца и меди, а так же при высокой пористости в диапазоне пор 0,15-15мкм, и замедляется в присутствии галогенов (фтор, хлор, йод), бора и фосфора.

Бортовые блоки могут окисляться со стороны электролита, сверху и с обратной стороны (через неплотности катодного кожуха).

Существуют материалы для бортовых стенок, стойкие против окисления, основу которых составляет углерод, в этих материалах часть углерода заменена карбидом кремния (SiC). Он добавляется как наполнитель или вводится в виде порошка кремния, который при последующей термо-

обработке превращается в SiC. Существуют конструкции электролизеров, имеющие комбинированную футеровку, где применяется угольный блок – вставка и карбидокремниевая плита. Данный тип бортовой футеровки почти в два раза дороже обычной угольной футеровки, поэтому применение комбинированной футеровки ограничено.

Окисление воздухом может быть предотвращено путем применения защитных покрытий, как против доступа воздуха, так и для того, чтобы избежать высоких температур на доступной воздуху поверхности. Нижнюю часть бортовых блоков от окисления защищает жидкий алюминий.

Таким образом, одной из важных задач является решение проблемы окисления бортовых блоков на катодных устройствах.

Библиографический список

Борисоглебский Ю.В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М., Минцис М.Я., Сиразутдинов Г.А. Металлургия алюминия. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН. - 1999. - 438 с.

МИНИМИЗАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ

А.Н. Баранов¹, Е.В. Тимкина²

¹д. т. н., профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranow@mail.ru

²аспирантка химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: timkina-ekaterina@yandex.ru

Электролитическое получение алюминия сопровождается значительным объемом образования различных твердых фторуглерод содержащих отходов, содержащих фториды (криолит, фтористый алюминий и соединения натрия), которые хранятся на шламовых полях и оттуда поступают в окружающую среду, оказывая негативное воздействие на атмосферный воздух, почву и воду [1].

Фтористые соединения влияют на санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала и растительный мир, т.к. некоторые растения чувствительны даже к весьма небольшим количествам этих веществ. Ущерб от фторидного загрязнения заключается в повреждении растительности, преимущественно хвойных пород; снижении урожайности сельскохозяйственных культур, заболеваниях флюорозом диких и сельскохозяйственных животных, изменении физико-химических и микробиологических

свойств почвы, заболеваемости людей (недостаток фтора вызывает кариес, избыток – флюороз) [2].

В связи с этим актуальной проблемой является извлечение фторидов из отходов производства, что позволит минимизировать воздействие их на окружающую среду. Ежегодный объем складирования отходов на шламовых полях ОАО «РУСАЛ Братск», превышает 30 тыс. т в год, которые образуются из шламов газоочистки и хвостов флотации угольной пены.

Проведенные нами исследования на хвостах флотации угольной пены показали [3] возможность извлечения фтора (2 %) раствором NaOH при $t=80^{\circ}\text{C}$. Полученный раствор NaF может быть использован для производства вторичного криолита или синтетического фтористого кальция. В настоящее время в производстве алюминия использование криолита ограничено в связи с переходом на кислые криолит-глиноземные расплавы. Для снижения криолитового отношения в электролизном производстве используется фтористый алюминий. В связи с этим, целесообразно перерабатывать фторсодержащие отходы с получением вторичного фтористого алюминия. Получение фтористого алюминия возможно из плавиковой кислоты и гидроокиси алюминия. Поэтому в настоящее время нами проводятся исследования по выщелачиванию фторидов из отходов электролизного производства кислотой.

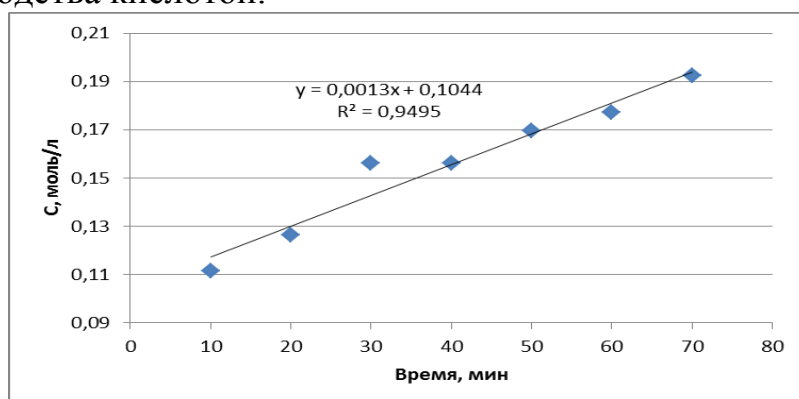


Рисунок 1 - График зависимости концентрации фтора от времени выщелачивания NaOH (2%) при $t=80^{\circ}\text{C}$

Результатом такого выщелачивания стало извлечение фтора из хвостов флотации до 60 %.

В настоящее время нами проводятся эксперименты по подбору оптимальных условий для выщелачивания фтора в кислой среде с применением H_2SO_4 . Пока результаты экспериментов неоднозначны. И показывают не такую высокую эффективность, как при выщелачивании фтора раствором щелочи. Фтора, перешедшего в раствор при данных условиях, примерно в 2 раза меньше, чем при тех же условиях в щелочной среде. В первые минуты наблюдается уменьшение перехода фтора в раствор и только после 40 минут происходит процесс выщелачивания.

Однако, выщелачивание фтора из фторуглеродсодержащих отходов алюминиевого производства раствором кислоты более приемлем и

выгоден с точки зрения замкнутости цепи производства алюминия и чистоты получаемых и используемых продуктов в данном производстве.

Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований для подбора более эффективных условий и уточнения происходящих химических реакций при данном процессе кислотного выщелачивания.

Библиографический список

1. Баранов А.Н., Гавриленко Л.В., Янченко Н.И. Экологические проблемы металлургического производства: учеб. Пособие /А.Н. Баранов, Л.В. Гавриленко, Н.И. Янченко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. -208с.;
2. Тереньтев В.Г., Школьников Р.М., Гринберг И.С., Черных А.Е., Зельберг Б.И., Чалых В.И.-И. Производство алюминия: Папирус-АРТ, 1998. – 350 с.;
3. Баранов А.Н., Якушевич П. А., Тимкина Е. В. Получение брикетов из отходов производства алюминия и их физико-химические свойства: Вестник – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. – 143 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ТИТАНА И БОРА ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КРЕМНИЕВОГО РАСПЛАВА

А.А. Тютрин

магистрант гр. АЗОСм-12-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: an.tu@inbox.ru

Кремний, получаемый в рудотермических печах, содержит примеси, для снижения которых в промышленных условиях проводят окислительное рафинирование в ковше. Комплексная операция очистки кремния направлена на снижение содержания в кремнии основных примесей (Al, Ca, Ti), а также удаление включений шлака [1]. В связи с повышением со стороны потребителей требований к качеству кремния необходимо осуществить поиск новых путей снижения содержания и тех примесей, концентрация которых в готовом продукте незначительна. Для этого необходимо изучить распределение примесей в процессе рафинирования и последующей кристаллизации кремниевого расплава, что возможно с помощью анализа диаграмм плавкости.

Изучить механизм формирования примесных включений при кристаллизации стандартными аналитическими методами затруднено, так как температура расплава при рафинировании составляет 1500-1600 °С. Поэтому для решения данной задачи мы использовали метод компьютерного построения диаграмм состояния трехкомпонентных систем с помощью программы «Diatris», которая позволяет исследовать поведе-

ние компонентов и взаимодействие элементов друг с другом при кристаллизации расплава [2].

Для построения тройной диаграммы состояния «Si-B-Ti» вначале была сформирована база данных (температуры плавления соединений и мольное соотношение компонентов) из бинарных систем состояния: «Si-B», «Si-Ti», «B-Ti». В данной системе образуется три конгруэнтно-плавящихся бинарных соединения: TiB_2 с температурой плавления $3217\text{ }^{\circ}\text{C}$ и силициды титана $TiSi_2$ и Ti_5Si_3 , плавящиеся при температуре 1500 и $2130\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно.

После введения необходимых сведений программа выводит данные в виде стандартного изображения концентрационного треугольника с областями ликвации и изотермами (рис. 1).

Построенная диаграмма разбита на 4 элементарных треугольника сосуществующих фаз, и получено столько же точек тройных эвтектик.

Наблюдается равномерное увеличение твердой фазы при кристаллизации сплава с равным соотношением B и Ti. Однако при кристаллизации смеси с меньшим содержанием титана путь кристаллизации имеет другой характер. Сначала резко возрастает количество кристаллов бора, но после того как смесь достигает прямой эвтектики, – содержание бора уменьшается, но увеличивается количество титана (вплоть до точки эвтектики). Темп кристаллизации также меняет свой характер при достижении прямой эвтектики ($1260\text{ }^{\circ}\text{C}$) – он начинает снижаться и лишь при $1170\text{ }^{\circ}\text{C}$ начинает вновь возрастает (рис. 2).

Точка эвтектики, в которой кристаллизуется интересующий нас сплав, соответствует составу, мол. доли: Si – 0,737, B – 0,121, Ti – 0,141, что отвечает, по нашему мнению, соединению $SiB_{0,06}Ti_{0,33}$.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для использования металлургического кремния в карботермической технологии получения солнечных элементов необходимо искать пути дальнейшего его рафинирования с целью максимального снижения содержания вредных примесей, влияющих на последующие электрические характеристики ФЭП.

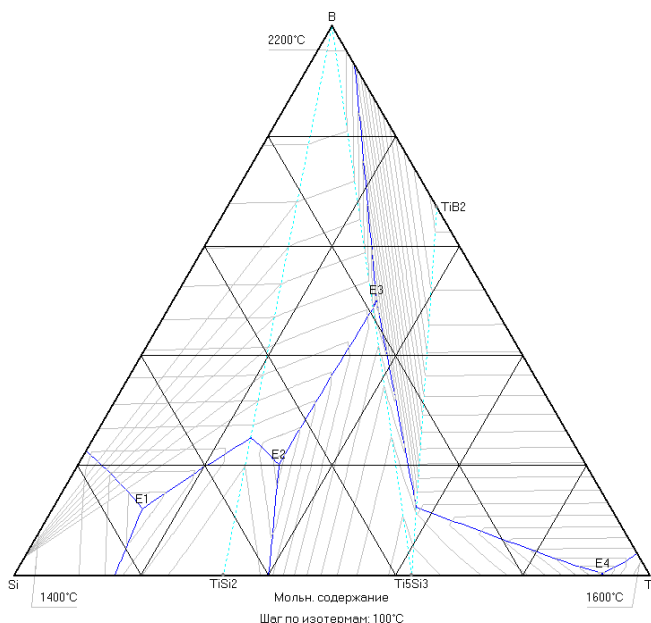


Рис. 1. Построенная диаграмма состояния «Si-B-Ti»

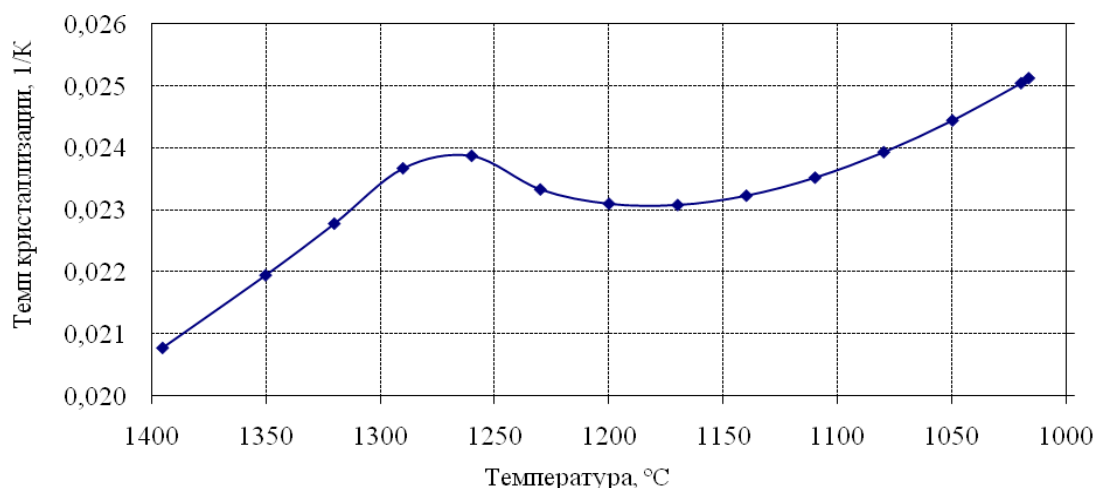


Рис. 2. Параметры расчета темпа кристаллизации смеси в системе «Si-B-Ti»

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1064 «Карботермическая технология получения кремния для солнечной энергетики»

Библиографический список

1. Немчинова Н.В. Поведение примесных элементов при производстве и рафинировании кремния: монография. — М. : Академия естествознания, 2008. — 237 с.
2. Удалов Ю.П. Морозов Ю.Г. Программа расчета диаграмм плавкости тройных систем Diatris 1.2 (алгоритм, интерфейс и техническое применение) // Диаграммы состояния в материаловедении: сб. трудов 6-ой Международ. школы-конф. — Киев, 2001. — С. 121-142.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ГРАВИТАЦИОННЫХ КОНЦЕНТРАТОВ БЕРЕЗОВСКОГО РУДНИКА

В.Г. Лобанов¹, Ф.М. Набиуллин², В.Б. Начаров³, Е.И. Тимофеев⁴

¹к.т.н., профессор кафедры Metallургии тяжелых цветных металлов УрФУ, г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

^{2,3}Березовский рудник, г. Березовский

⁴магистрант гр. Мтм -120303, Институт материаловедения и металлургии

На старейшем в России Березовском руднике уже более 70 лет подземным способом добывают и перерабатывают сульфидно-кварцевую руду. Многочисленными исследованиями установлено, что золото в данной руде приурочено к сульфидно-кварцевой минерализации, преимущественно свободное, в меньшей степени вкраплено в зерна пирита, галенита и

других сульфидов, незначительно рассеяно в кварце. В силу особенностей состояния золота в руде наилучшие технико-экономические показатели достигаются при использовании простейшей схемы, включающей достаточно крупный помол руды, гравитационное извлечение крупного золота и флотацию с получением пиритного концентрата. Золотосодержащие продукты традиционно перерабатывали на уральских медеплавильных заводах.

В силу изменившихся экономических условий возникла необходимость поиска вариантов переработки концентратов на месте. В настоящее время крупное золото извлекают отсадочными машинами и концентраторами Нельсона. После перечистки на столах из гравитационного концентрата выделают «золотую головку» с содержанием от 1 до 40 кг/т. Обогащенные концентраты содержат до 10% свинца в виде галенита и это создает предпосылки для осадительной плавки. Разработана и испытана в полупромышленном масштабе технология плавки продуктов перечистки гравконцентрата на внутренний свинцовый коллектор [1]. При плавке получают веркблей с содержанием золота до 10 % и штейн, в который извлекается не более 2-3 % золота. Штейн возвращается в голову обогащенного процесса. Для переработки свинцового сплава предложено использовать электролиз в нитратном электролите. Переплавкой анодного шлама получают черновое золото.

Экономический анализ показывает, что суммарные затраты на извлечение золота по этой схеме в 2-3 раза меньше, чем при плавке концентратов на медеплавильном заводе.

Библиографический список

1. Патент РФ №2439176 Оpubл. 10.11.11

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С.В. Катышева¹, О. А. Пунишко²

¹аспирантка кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: katyshev_1983@mail.ru

²к. т. н., профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск

В настоящее время, в связи с ликвидацией МинГео, сократились масштабные геологоразведочные работы по классу новых месторождений. У геологов действует принцип - использовать руду около руды, поэтому незначительные поисковые работы проводятся на действующих предприятиях в пределах действующих месторождений. На россыпных месторож-

дениях регулярно проводится повторная, часто трехкратная переработка песков, даже зачастую без его переопробования, поскольку извлечение золота при первичной переработке редко превышает 70-80 % от их разведанных запасов. Более того, переработку россыпей начинают в период их слабого оттаивания и золото остается невоскрытым в смерзшихся песках, которые оттаивают позже.

Остаются нетронутыми очень богатые по содержанию золота так называемые «погребенные» россыпи с запасами в десятки тонн россыпного золота, но не востребованные из-за низкого извлечения золота (30 %) при переработке на шлюзах. Причина малого извлечения, как правило, очень мелкое золото, сносимое в операции гравитационного обогащения в отвал. При создании аппаратов, способных гравитационным способом извлекать мелкое золото (0,1 мм и меньше) сырьевая база россыпных месторождений значительно возрастет.

При отработке подземных месторождений всегда нужно опережающее опробование руд низлежащих горизонтов.

По статистике средние потери золота при отработке подземных месторождений составляют от 5 до 7 % разведанных запасов за счет недоизвлеченного золота из руд, находящихся на данных месторождениях, остающихся в охранных целиках и др. Поэтому всегда нужно предполагать о доработке оставшихся руд за счет их отработки, например, открытым способом. Имеется достаточно примеров, когда отработанное подземное месторождение начинало вскрываться открытым способом.

Таким образом, при отработке подземных и погребных месторождений всегда появляются руды с низким (отвальным) для настоящего времени содержанием золота. В связи с применением на ЗИФ более совершенных и экономически обоснованных технологий возможно вовлечение в эксплуатацию этих руд. Пример с технологией кучного выщелачивания, когда руды даже с забалансовым или «убогим» содержанием золота становятся эффективными с экономической точки зрения. Особое внимание должно быть направлено на переработку долголетних отвалов ЗИФ, так как в случае разработки экономичной технологии извлечения золота из отвалов, такие накопления следует относить к категории *техногенных*.

Примерные расчеты после опробования законсервированных отвалов фабрик Сибири, Забайкалья, Якутии показывают, что в них сосредоточено не менее 100 т золота. Потери золота с хвостами фабрики особенно высоки в первые годы работы, поскольку подается руда с высоким содержанием золота. Кроме того технологию переработки руд в 40х-50х годах оставалась довольно простой, основанной на применении амальгамации и гравитации.

Ниже в таблице 1 приведены результаты исследования хвостохранилищ ряда фабрик.

Эффективность переработки отвалов подтверждается экономическими критериями, поскольку отвалы легкодоступны и могут отрабатываться

с поверхности. Затраты на рудо и пульпоподготовку составляют 40-50% от общефабричных. Поскольку отвалы после длительного хранения сильно изменяют свои реологические характеристики, например под действием переменных температур «летом – зимой» их прочность по сравнению с рудой уменьшается на 20-25%. Поэтому расход электроэнергии на пульпоподготовку снижается в разы, т. е. удельная производительность мельниц становится больше. Таким образом, при долголетнем хранении отвалов в хвостохранилищах протекают природные процессы подготовки техногенного сырья к последующей технологии их переработки.

Отвалы легко измельчаются совместно с рудой на второй стадии измельчения. Наибольшая экономия наблюдается при сравнении с подземным способом отработки руды. При замене руды на эквивалентное количество по золоту хвостов затраты на переработку руды снижаются на 20 %.

Таблица 1 - Относительное содержание золота в отвалах предприятий

Показатели	Предприятия				
	А	Б	С	Д	Е
Условное содержание золота в рудах текущей добычи, %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Относительное содержание золота в отвалах прошлых лет, %	150,0	120,0	240,0	50,0	180,0

Таким образом можно сделать следующий вывод:

В настоящее время наличие современного горного, обогащенного и гидрометаллургического оборудования создает благоприятные условия для доизвлечения благородных металлов из техногенного сырья. Вовлечение в эксплуатацию техногенных отвалов является прибыльным процессом, поскольку затраты на добычу и переработку отвалов значительно ниже по сравнению с рудой. Переработка отвалов может производиться на действующих фабриках совместно с рудой текущей добычи.

Библиографический список

1. Технология извлечения золота, серебра и цветных металлов из отвальных хвостов обогащенных фабрик/ В.А. Бочаров, С.И.Черных, Г.С. Агафонова, И.И. Херсонская, Г.А. Лапшина. – М: Цветная металлургия, 2002.
2. Научно-практические основы формирования отходов золотоизвлекательных фабрик как техногенного сырья и вопросы их переработки/ О.А. Пунишко, Д. В. Ходжер

ПОИСК РЕШЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ РУД СОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫЙ СОРБЕНТ

В.Н. Охотин¹, А.В. Аксенов², С.Г. Рыбкин³

¹аспирант кафедры металлургии цветных металлов НИ ИрГТУ, г.Иркутск,
e-mail: OhotinVN@yandex.ru

²к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов НИ ИрГТУ,
г.Иркутск

³к.т.н., научный сотрудник НИиПИ «ТОМС», г.Иркутск

Важным в гидрометаллургии на сегодняшний день является вовлечение бедного по содержанию и сложного по составу минерального сырья в промышленную переработку. Вовлечь это сырье в сферу промышленного использования стало возможным и экономически целесообразным в результате применения методов гидрометаллургии, основанных на использовании новых химических реагентов (растворителей, окислителей, катализаторов, ионообменных смол, активированных углей, экстрагентов), новой аппаратуры и разнообразных методов и средств интенсификации гидрометаллургических процессов.

Наиболее актуальной проблемой на сегодняшний день остается влияние природных сорбентов на извлечение благородных металлов. Известные способы борьбы с отрицательным влиянием природных сорбентов в процессе цианирования не являются универсальными и достаточно эффективными.

Наиболее активными естественными сорбентами золота являются углеродсодержащие вещества. Потери растворенного золота за счет сорбции на углеродистом (или углистом) веществе достигают 30% от его исходного содержания. Углистые руды относятся к основному виду упорного золотосодержащего сырья. «Упорными» свойствами обладают руды месторождений Наталкинское, Светлое, Майское, Павлик и др. руды этих месторождений содержат в различных количествах углеродистое вещество и отличаются повышенной активностью в процессах цианирования.

В зависимости от состава золотосодержащего сырья и характера поведения его в процессе цианирования нейтрализация вредного влияния природных углеродистых сорбентов осуществляется по двум основным направлениям:

- 1) Совершенствование операции цианирования путем оптимизации параметров, а также использование эффективных искусственных сорбентов, конкурирующих с природными;
- 2) Предварительная обработка золотосодержащего сырья перед цианированием.

Сорбционное цианирование во многих случаях обеспечивает более высокое извлечение золота, но вместе с тем, процесс сорбции не лишен недостатков, среди которых:

- применение синтетических ионообменных смол требует для своей регенерации более сложной технологической схемы и, соответственно, большего ассортимента реагентов;

- при использовании активированного угля необходимо применять для десорбции аппаратуру, работающую под давлением при температуре выше 100°C, кроме того, активный уголь имеет невысокую механическую прочность, что вызывает в процессе сорбционного цианирования повышенные потери как самого угля, так и адсорбированного на нем золота с хвостовой пульпой.

Наиболее известным является метод пассивирования сорбционной активности поверхностно-активными веществами.

Способ нейтрализации углеродистых веществ путем воздействия на них нерастворимыми в воде минеральными жидкостями (флотационные масла, керосин и т.д.) заключается в избирательной сорбции его на поверхности углистых частиц с образованием гидрофобизирующих слоев, препятствующих дальнейшему контакту этих частиц с растворимым цианистым комплексом золота. Однако, для полного подавления сорбционной активности углеродистых веществ требуются значительные расходы керосина и других минеральных масел (от 1 до 10 кг/т), это приводит к тому, что указанные реагенты могут вызвать частичную гидрофобизацию поверхности золота и тем самым затруднить контакт их с цианистыми растворами.

Для выявления способа подавления сорбционной активности и повышения извлечения золота была проведена серия опытов. Опыты заключались в предварительной обработке флотационного концентрата, содержащего природные сорбенты (доля углерода во флотационном концентрате составляет порядка 8%), дизельным топливом количеством от 2 до 10 кг на тонну концентрата в роторном диспергаторе при соотношении Ж:Т = 2:1. Результаты экспериментов показали, что при обычном сорбционном цианировании (без обработки дизельным топливом) извлечение золота составляет 73,04%, с увеличением концентрации дизельного топлива при предварительной обработке с 2 до 10 кг/т, извлечение золота возрастает на 2,5% и 7,8%, соответственно. Т.к. концентрация дизельного топлива при максимальном полученном извлечении (10 кг/т) велика и нежелательна, поскольку может негативно повлиять на последующие технологические операции, требуется минимизировать расход данного реагента. Для этого при обработке концентрата дизельным топливом может быть использован процесс ультразвукового эмульгирования. По причине низкой растворимости минеральных масел в воде применение ультразвука для приготовления эмульсий, позволит получить высокую степень дисперсности эмульгируемых продуктов, ускорить процесс и улучшить качество получаемых

эмульсий, что повлечет за собой снижение расхода реагента. При эмульгировании минерального масла в ультразвуковой ванне, частицы этого реагента разбиваются на микрочастицы и при контакте с продуктом, содержащим природный углерод, должны обволакивать его и не препятствовать контакту золота с цианистыми растворами и тем самым минимизировать применение минеральных масел. Применение данного способа актуально и требует дальнейших исследований.

Библиографический список

1. В.В. Лодейщиков. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд: в 2х томах. – Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999.
2. М.А. Меретуков. Золото и природное углеродистое вещество: Научное издание. – М: Издательский дом «Руда и Металлы», 2007.
3. Б.А. Агранат. Ультразвуковая технология. Издательство «Металлургия», 1974.
4. О.И. Рандин. О природе активных центров при сорбции цианидных комплексов благородных металлов на углеродных сорбентах. Известия высших учебных заведений «Цветная металлургия». №4, 2008.

К ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

П.А. Замотин¹, В.Г. Лобанов², Е.А. Кузас³

^{1,3} магистрант, Институт материаловедения и металлургии УрФУ

² к.т.н., профессор кафедры Металлургии тяжелых цветных металлов УрФУ г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

Чаще всего углистые золотосодержащие концентраты подвергают плавке на медный или свинцовый коллектор. У практиков, особенно пирометаллургов, устоялось представление, что именно плавка обеспечивает максимально высокое извлечение золота из подобного сырья. Результаты исследований последних лет дают основания усомниться в этом. Не вызывает сомнения факт заметных потерь золота с отходящими пылегазовыми продуктами как при аналитической пробирной плавке углистых концентратов, так и их промышленной пирометаллургической переработке.

Цианистое выщелачивание золота из указанного сырья сопряжено с технологическими трудностями. Углеродсодержащие компоненты, обладающие природной сорбционной активностью, в значительной степени снижают степень извлечения золота в раствор. К таким компонентам относятся вещества на основе органического углерода: битумы, гуминовые кислоты, керогены, минеральный уголь, торф и т. д..

В литературе [1] приводится несколько вариантов повышения эффективности извлечения золота из подобного сырья: подавление сорбционной активности угля органическими реагентами, флотационное обеднение по углю до и после цианирования, применение специальных режимов цианирования и т. д.. Однако, в случае высокого содержания углерода в таком сырье, любой из предложенных способов не является экономически эффективным.

В работе изучена возможность подавления сорбционной активности углеродсодержащих веществ путём их разложения низкотемпературным пиролизом в атмосфере перегретой парогазовой смеси. В частности, представляла интерес паровоздушная смесь с ограниченным количеством кислорода, как окислителя. Предполагается, что в определенных условиях возможно полное и достаточно интенсивное разложение органических компонентов. При этом в кристаллическую структуру золотосодержащих минералов будут внесены необратимые деформации (трещины, каналы и пр.) способствующие последующему цианированию золота без заметного окисления сульфидов и необходимости утилизировать отходящие газы.

Целью исследований было подобрать состав паровоздушной смеси и температурный режим, при которых интенсивное разложение органики протекает без выделения серусодержащих газов.

Для проведения экспериментов была сконструирована установка, включающая трубчатую печь мощностью, парогенератор и дозатор воздуха. Конструкция печи исключает неконтролируемый доступ воздуха в рабочую зону и мокрую очистку отходящих из печи газов. Последний конструктивный элемент позволяет также экстрагировать потенциально летучие продукты пиролиза, в т.ч. золотосодержащие.

В ходе опытов оценивали скорость окисления различных модификаций углерода, присутствие которых в минеральном сырье наиболее вероятно: активированный и каменный угли, торф и графит; последний является наиболее упорной углеродистой формой. Вариативность условий экспериментов на первом этапе обеспечивалась изменением отношения расхода пара и окислителя (кислород воздуха); максимальная температура реакционной зоны составляла 325 °С.

Установлено, что лучшая кинетика окисления для всех видов образцов достигается при совместном применении пара и окислителя (массовое отношение пар – кислород – 1:1).

В качестве объекта исследований реального углеродсодержащего сырья использовали концентрат, выделенный селективной флотацией из хвостов цианистого выщелачивания пиритного концентрата Березовского рудника. Дериватографическим и рентгенофазовым анализом в концентрате выявлен органический углерод (до 5 %).

Результаты тестовых опытов сравнительного цианирования исходного концентрата и концентрата, подвергнутого пиролизу, показали, что извлечение золота в раствор во втором случае выше на 50-60 %. С опреде-

ленной осторожностью можно предположить, что паровоздушная обработка позволяет перевести летучие формы золота, на наличие которых в последние годы обращено внимание в многочисленных публикациях, в металлическое состояние, хорошо цианируемое и коллектируемое свинцом при пробирной плавке.

Выводы:

1. Разложение природных углеродсодержащих материалов низкотемпературным пиролизом в паровоздушной среде в диапазоне температур 300-400 °С протекает с приемлемыми скоростями.
2. Термообработка золотосодержащих концентратов в паровоздушной среде является эффективным окислительным процессом, способным значительно уменьшить негативное воздействие углерода, как природного сорбента, на последующее цианистое выщелачивание золота.
3. Пиролиз концентратов в парогазовой смеси способствует частичной дезинтеграции сульфидных минералов, что заметно повышает извлечение (доизвлечение) золота в целевой продукт.

Библиографический список

Меретуков М. А. Золото и природное углеродистое вещество: Научное издание /М. А. Меретуков. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2007. 112 с

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЦИАНИСТОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТА ИЗ БЕРЕЗОВСКОГО ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА

В.Г. Лобанов¹, Ф.М. Набиуллин², В.Б. Начаров³, Н.А. Филонов⁴,
Е.И. Тимофеев⁴

¹к.т.н., профессор кафедры Metallургии тяжелых цветных металлов Ур-ФУ, г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

^{2,3,4}Березовский рудник, г. Березовский

⁴магистрант гр. Мтм -120303, Институт материаловедения и металлургии

На обогатительной фабрике Березовского рудника руду измельчают до крупности 15-20 % класса – 0,4 мм. Хвосты гравитации подвергают флотационному обогащению по типовой схеме, включающей перемешивание и контрольную флотацию. Несмотря на аномально высокую крупность помола руды суммарное извлечение золота в товарные продукты достигает 90-92 %. После организации на обогатительной фабрике избирательного дробления с выводом части руды в виде щебня крупностью + 20 мм содержание золота во флотоконцентрате удалось повысить с 20-30 до 40-45 г/т.

В 2010 г на руднике организовано цианирование концентрата в реакторах оригинальной конструкции периодического действия с осаждением золота из продуктивных растворов цементацией. Требуемая продолжительность выщелачивания при умеренных технологических режимах не превышает 10 часов. Выводы ранее выполненных исследований подтвердились и по результатам 2-х лет работы фактическое извлечение золота в раствор составляет в среднем 93-95 %. С учетом невысоких передельных затрат цианирование концентрата оказалась очень эффективным. Вместе с тем, относительно высокое остаточное содержание золота в хвостах цианирования (2-4 г/т) делает необходимым поиск путей повышения извлечения.

В числе возможных форм нахождения золота в хвостах цианирования рассмотрены:

- золото, вкрапленное в зерна концентрата и нескрытое при данной крупности помола;
- крупные «золотинки», для растворения которых требуется значительно больше времени;
- золото, перешедшее в раствор, но сорбированное листыми и другими сорбционно активными компонентами концентрата;
- природные соединения золота, прежде всего теллурид, растворение которых затруднено и требует особого подхода.

В данной работе изучена возможность повышения эффективности цианирования и степени извлечения золота из березовского флотоконцентрата с использованием реагентов-активаторов [1,2, 3]. Положительные результаты лабораторных опытов послужили основой для проведения полупромышленных испытаний. Для этих задач использовали типовые бетономешалки объемом 160 л. Проверена индивидуальная и комплексная эффективность сульфита, тиосульфата и бромида натрия, солей щавелевой кислоты и других активаторов. В лучших опытах с активаторами остаточное содержание золота в хвостах цианирование удалось снизить до 1 г/т.

Отмечено, что в любых режимах извлечение серебра в раствор при цианировании не превышало 30 %.

Библиографический список

1. В.Я.Мостович Обработка золотосодержащих руд. Москва-Ленинград, 1932 г
2. Масленицкий И.Н., Чугаев Л.Г. и др., Металлургия благородных металлов. -М.: Металлургия,1987 г
3. Каковский И.А., Набойченко С.С. Термодинамика и кинетика гидрометаллургических процессов. – Алма-Ата: Наука, 1986 г

К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ХВОСТОВ ЦИАНИРОВАНИЯ ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА ООО “БЕРЕЗОВСКИЙ РУДНИК”

В.Г. Лобанов¹, Ф.М. Набиуллин², В.Б. Начаров³, Н.А. Филонов⁴, П.А. За-
мотин⁴

¹к.т.н., профессор кафедры Metallургии тяжелых цветных металлов Ур-
ФУ, г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

^{2,3,4}Березовский рудник, г. Березовский

⁴магистрант гр. Мтм -120304, Институт материаловедения и металлургии

С 2011 г на предприятии ООО “Березовский Рудник” (Урал) прово-
дят цианистое выщелачивание золота из пиритного флотоконцентрата. По-
сле фильтрования пульпы на пресс-фильтре обеззолоченные хвосты циа-
нирования с влажностью не более 7 % направляют на сухое складирова-
ние. Несмотря на весьма высокое извлечение в раствор (до 95 %) часть зо-
лота (2-3 г/т) остается в хвостах, извлечение серебра не превышает 25-30
%. Содержание меди в хвостах не отличается от содержания в исходном
концентрате и составляет 0,7-0,8 %. С учетом отмеченных особенностей
представляет интерес поиск возможностей дополнительного извлечения
ценных компонентов из указанного техногенного сырья.

Наиболее очевидные и широко применяемые на практике методы
вскрытия кеков для дополнительного выщелачивания золота – тонкое из-
мельчение, автоклавное и бактериальное выщелачивание, обжиг – по эко-
номическим причинам были признаны не приемлемыми. После предвари-
тельного изучения ассоциативности золота в кеках предпочтение было от-
дано флотационной селекцией.

Основными минеральными составляющими хвостов цианирования
являются пирит (50-70 %), флотационноактивные тальккарбонаты (15-20
%), халькопирит и галенит (5-10 %) и кварц, находящийся в сростках с пи-
ритом. Свободное и крупное золото выделено гравитацией и цианировани-
ем. Основным носителем тонковкрапленных благородных металлов явля-
ются сульфиды.

В работе проведены поисковые исследования по выбору режимов
флотации, с использованием которых можно выделить медно-свинцовый
концентрат с максимально возможным извлечением в него золота и сереб-
ра. Для подавления пирита использовали известь, флотацию талька пре-
дотвращали введением в пульпу лигносульфоната. На предварительном
этапе в лучших опытах получен концентрат с содержанием меди -4,5 %,
свинца – 2,1 %, золота 8 г/т, серебра 85 г/т. Продукт с подобным составом
расценивается как приемлемое сырье для плавки на медеплавильном заво-
де. Вместе с тем невысокое извлечение золота в такое концентрат - не бо-
лее 50 % - является причиной поиска альтернативных вариантов.

В качестве наименее затратного способа дополнительного извлечения золота из кеков цианирования следует рассматривать кучное выщелачивание. Тестовые опыты показали, что в исходном виде сульфидные кеки не обладают требуемой гидропроницаемостью. Гранулы достаточной прочности могут быть получены только при расходе цемента более 10 %. В режиме кюветного выщелачивания за 1 месяц в раствор было извлечено не более 1 г из каждой тонны кека.

В настоящее время проводится экономическое сравнение рассмотренных вариантов, по итогам которого будет организована промышленная переработка накопленных хвостов цианистого выщелачивания.

ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ВЫЛОМОК ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Лобанов В.Г.¹, Мастюгин С.А.², Королев А.А.³, Шунин В.А.⁴,
Хафизов А.Т.⁵, Польшгалов С.Э.⁶

¹к.т.н., профессор кафедры Metallургии тяжелых цветных металлов Ур-ФУ, г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

^{2,3,4}ОАО «Уралэлектромедь», г.В.Пышма

⁵магистрант гр. Мтм -120303, Институт материаловедения и металлургии

⁶бакалавр гр. Мт-490301 В, Институт материаловедения и металлургии

На комбинате «Уралэлектромедь» медьэлектролитный шлам после обезмеживания традиционно плавят в отражательных печах. Технологическая надежность, простота, отработанность режимов делают эти плавильные агрегаты незаменимыми, несмотря на широкую популярность новых высокоэффективных печей.

С известной периодичностью печи останавливают для частичной или полной замены огнеупорной футеровки. Отходы футеровки – выломки – содержат значительное количество золота и серебра. После ручной выборки крупных корольков футеровку измельчают, усредняют и после анализа отправляют на медеплавильный завод (в настоящее время в плавку на свинцовый коллектор). Выломки донной части печи – лещади – после измельчения дополнительно обедняют на концентрационном столе. В любом случае масса драгметаллов в отгружаемых на плавку выломках составляет десятки килограммов. Весьма актуально более глубокое обеднение выломов и возврат большей части золота и серебра непосредственно на плавку шламов в химико-металлургическом цехе.

В работе изучена возможность флотационного выделения драгметаллов с использованием традиционных и необычных флотационных режимов и реагентов. Показана целесообразность измельчения выломов до

крупности 80 % - 0,074 мм. Для лучшей вскрываемости мельчайших зерен сплава ССЗ в огнеупорной массе предложено использовать предварительную электрофизическую обработку.

В оптимальных условиях суммарная степень извлечения драгметаллов из выломов составляет 95-97 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ СУЛЬФИДОВ

Т.С. Минеева¹, А.М. Василенко²

¹к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mineeva@istu.irk.ru

²студентка гр. МЦ-09 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: AnastasyonoK90@mail.ru

Расширение сырьевой базы золотодобычи в значительной степени связано с необходимостью вовлечения в промышленную эксплуатацию сульфидных золото – мышьяковых концентратов, доля которых в общем балансе сырьевых источников производства благородных металлов неуклонно возрастает. Высокая технологическая упорность таких концентратов, обусловленная тесной ассоциацией тонкодисперсного золота с пиритом и арсенопиритом, исключает общепринятый подход – непосредственное цианирование. Вскрытие тонковкрапленного золота может быть осуществлено гидрометаллургическим путем, что наиболее целесообразно с точки зрения охраны окружающей среды. Одним из перспективных решений в этом направлении является механохимическая активация концентратов с последующим выщелачиванием щелочными растворами нецианистых реагентов [1-3]. Механодеструкция сульфидных минералов существенно повышает их реакционную способность, однако при этом возрастает сорбционная активность диспергированного минерального комплекса. В связи с этим представлялось целесообразным рассмотреть влияние механодеструкции на сорбционную способность пирита и арсенопирита – основных носителей тонковкрапленного золота, а также сульфидного концентрата планетарного измельчения применительно к щелочным растворам глицина и метиламина. Оценивалось изменение во времени отношения C_i/C_o , где C_i – текущая концентрация золота (мышьяка) в растворе, C_o – исходная концентрация металлов.

Активированные сульфиды являются хорошими сорбентами золота из растворов глицина (рис.1).

Степень сорбции металла сульфидами возрастает с увеличением продолжительности контакта и достигает 80-90 % за 32 и 8 часов контакта

соответственно для пирита и арсенопирита, активированных в течение 120 мин. При этом концентрация золота понижается с 4,5 до 0,8 – 0,5 мг/л. Арсенопирит характеризуется более высокой динамикой сорбции, чем пирит. Даже после 5 – минутной активации минерал сорбирует 90 % золота за 24 часа контакта, в то время как пирит за такой же промежуток времени около 20 %. Исходные минералы золото практически не сорбируют. Аналогичные зависимости получены на золотосодержащих растворах метиламина,

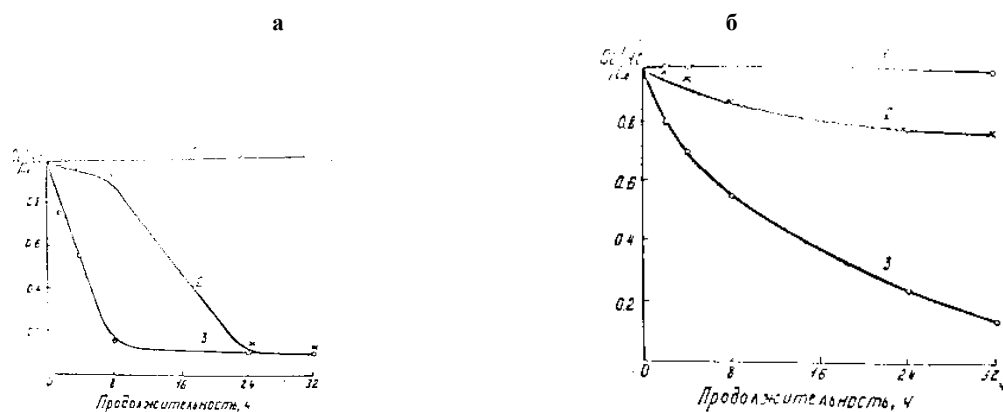


Рис.1 Динамика сорбции золота из щелочного раствора глицина исходными и активированными планетарным измельчением в течение 5 мин и 120 мин сульфидными минералами. (а – арсенопирит, б – пирит).

Сорбционные свойства диспергированных сульфидов по отношению к мышьяку проявляются в меньшей степени, чем к золоту. Так, пирит 60–минутной активации сорбирует лишь около 25 % мышьяка за 24 часа контакта с щелочными растворами исследуемых реагентов. Концентратом планетарного измельчения за первые 4 часа контакта сорбирует 30 % мышьяка.

Таблица - Сопоставление сорбционной способности смолы АМ – 2Б и диспергированных минеральных продуктов

Продукты - сорбенты	Золотосодержащие растворы	
	Глицин (Au 0,58 мг)	Метиламин (Au 0,89 мг)
	Количество Au в смоле, мг	Количество Au в смоле, мг
Смола АМ – 2Б	0,52	0,79
Смола + концентрат планетарного измельчения	0,56	0,78
Смола + арсенопирит	0,57	0,85

В целом рассмотренные минеральные продукты характеризуются значительной сорбционной активностью. При этом сорбционная способность по отношению к золоту и мышьяку различна. Степень сорбции золота как диспергированным концентратом, так и сульфидами практически одинакова и значительно выше, чем мышьяка. Однако скорость осаждения

металла сульфидами выше, что особенно характерно для арсенопирита. Одним из определяющих факторов повышения сорбционной активности минералов является возникновение активных центров и радикалов.

Сопоставлена сорбционная активность ионита АМ – 2Б и диспергированных продуктов по отношению к золоту (табл.).

Из данных следует, что золото в каждом из рассматриваемых случаев преимущественно сорбируется на смолу. Ионит обладает большей сорбционной активностью, чем концентрат и арсенопирит. Следовательно, с целью подавления вторичной сорбции золота диспергированным рудным материалом необходимо применять сорбционное выщелачивание.

Библиографический список

1. Минеева Т.С., Минеев Г.Г. Механохимическая активация минералов – существенный фактор интенсификации их разложения.// Материалы докладов научно – практической конференции 23 -24 апреля 2009 г. Изд-во ИрГТУ – с. 35 – 38.
2. Минеев Г.Г., Жучков И.А., Пунишко О.А., Минеева Т.С., Аксенов А.В. Биометаллургические и химические методы извлечения золота и серебра из нетрадиционных руд, концентратов техногенного сырья.// Изв. Вузов. Цветная металлургия. 2005, №2, с.8 – 17.
3. Минеев Г.Г., Минеева Т.С. Биометаллургические процессы извлечения золота из нестандартного сырья.// Изв. Вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2011, вып.1, с. 96 – 102.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ И СЕРЕБРА ИЗ МАТОЧНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА

Топоркова Ю.И.¹, Мельников К.Е.², Маковская О.Ю.³

¹студент гр. Мт-490301в Института материаловедения и металлургии УрФУ, г. Екатеринбург

²магистрант гр. Мтм-120303, Института материаловедения и металлургии УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: hose333@yandex.ru;

³к.т.н., доцент кафедры Металлургии тяжелых цветных металлов УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: makovskaya@inbox.ru.

Электронный лом является легкодоступным материалом, но из-за своего сложного состава тяжело поддается переработке. Однако существует много предприятий, которые, несмотря на всю сложность процесса, вполне успешно получают драгоценные металлы из лома. Как правило, используются две схемы: пирометаллургическая и гидрометаллургическая.

Согласно гидрометаллургической схеме, металлсодержащая фаза электронного лома чаще всего подвергается растворению в царской водке. Далее из полученного раствора осаждают большую часть золота и металлов платиновой группы. В результате образуются так называемые маточные растворы и возникает проблема их утилизации. Маточные растворы содержат значительное количество железа, меди, никеля, свинца, имеют высокую кислотность и солевой фон. Кроме того, в них остается некоторая часть благородных металлов и металлов платиновой группы. Как правило, на небольших предприятиях отсутствует рациональная схема переработки маточных растворов. Растворы накапливаются, либо утилизируются без извлечения ценных компонентов.

Очевидно, что переработка растворов сложного состава невозможна за одну стадию. Целесообразно сперва выделить каким-либо образом благородные металлы, а затем извлекать тяжелые цветные металлы.

В данной работе изучено извлечение палладия и серебра из маточных растворов НПП «Золто» (Свердловская обл.). В экспериментах были использованы растворы следующего состава, г/дм³: 51 Fe; 87 Ni; 10 Zn; 11 Co; 6 Pb; 5 Cu; 2,1 Ag; 4,5 мг/дм³ Au; 50 мг/дм³ Pd; 12 мг/дм³ Pt.

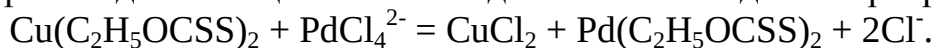
В результате анализа литературных данных установлено, что благородные металлы образуют весьма труднорастворимые соединения с сульфгидрильными реагентами и могут быть достаточно полно осаждены из раствора [1, 2]. Pd²⁺ с ксантогенатами в водном растворе образует желтые, не растворимые в воде мелиокристаллические, легко фильтрующиеся осадки – ксантогенаты палладия.

Реакция образования ксантогената палладия протекает одинаково хорошо как в аммиачной среде, где палладий присутствует в виде тетраминхлорида, [Pd(NH₃)₄]Cl₂, так и в солянокислой среде, где палладий находится в виде комплексной кислоты H₂PdCl₄.

Если палладий присутствует в растворе в виде четырехвалентного иона, то он восстанавливается ксантогенатами до двухвалентного, и после этого осаждается в виде ксантогената двухвалентного палладия.

Палладий хорошо осаждается не только ксантогенатовыми кислотами и ксантогенатами щелочных металлов, но и ксантогенатами ряда тяжелых металлов (цинка, меди, никеля и т.д.). Поэтому было принято решение исследовать процесс хемосорбции палладия и серебра на ксантогенате меди в качестве первой стадии переработки маточных растворов.

Особенностью предлагаемой технологии является сорбция ионов палладия и серебра на неорганическом сорбенте, приготовленном на основе ксантогената меди. Он был выбран потому, что меди в исходном растворе достаточно много и после использования сорбента возможно ее извлечение и повторное применение. Предполагается, что в процессе сорбции происходит замещение иона меди на ион палладия и серебра [3].



№ пробы	Концентрация		
	Pd мг/дм ³	Ag г/дм ³	Cu г/дм ³
1	27,90	1,60	72,5
2	26,90	1,58	80,4
3	27,00	1,58	73,1
4	26,10	1,56	77,3
5	25,00	1,55	94,6

Полученный пластичный осадок ксантогената меди тонким слоем раскатывали между слоями фильтровальной бумаги, наматывали на основу и помещали в колонки. Концентрации металлов в фильтрате определяли методом ААС. Результаты анализа приведены в таблице.

В фильтратах наблюдается рост концентрации меди, снижение концентрации палладия на 50%, снижение концентрации серебра на 23 %. Таким образом, оказана принципиальная возможность применения данной технологии для извлечения благородных металлов из маточных растворов от переработки электронного лома.

Библиографический список

1 Гинзбург С. И., Езерская Н. И. и др. Аналитическая химия платиновых металлов. М.: изд. «Наука», 1972 г, 615 с.

2. Андриенко О. С., Егоров Н. Б., Усов В. Ф., Индык Д. В., Фитерер И. П. Хемосорбция благородных металлов сульфидами металлов. Цветные металлы, 2006, №4.

3. Карасев К.А. К вопросу о применении некоторых органических сульфгидрильных соединений при аффинаже платиновых металлов. – дисс. на соиск. ст. канд.тех.наук. Свердловск, 1953. – 124 с.

МИРОВОЙ ОПЫТ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕДИ ИЗ ОКИСЛЕННЫХ РУД

А.Г.Никитенко¹, А.А.Васильев², А.В.Аксёнов³

¹студент гр. МЦб-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nikitenko.03@yandex.ru

²к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: vasilhev2008@yandex.ru

³к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: aksenov2008@yandex.ru

Наиболее распространенным способом добычи меди из окисленных руд является кучное выщелачивание (КВ). Данным способом добывается

около 20% от мирового производства меди. КВ меди наиболее распространено в странах: Чили, США, Австралия, Перу.

Технология КВ меди из окисленных руд включает следующие стадии: дробление, укладка на гидроизолированное основание, выщелачивание, экстракцию меди из продуктивного раствора (ПР), реэкстракцию меди, электролиз меди из реэкстракта, утилизацию хвостов.

Дробление руды перед КВ осуществляют до крупности от 350 до 7 мм. Операцию дробления осуществляют в щековых и конусных дробилках. При наличии в дробленом продукте большого количества глинистой составляющей, которая оказывает негативное влияние на фильтрационные свойства, руду перед укладкой в штабель подвергают окомкованию с добавкой серной кислоты. Добавка серной кислоты на стадии окомкования позволяет сократить продолжительность выщелачивания.

Подготовленная по крупности руда укладывается на гидроизоляционное основание в штабель. В качестве гидроизоляции чаще всего используют геомембрану. Для создания приемлемых гидрофизических свойств материала при увеличении содержания в руде глинистой составляющей производят снижение высоты штабеля КВ. Известны случаи, когда высота штабеля КВ при переработке медных руд не превышает 0,5 м. Обычно высота штабеля КВ меди составляет от 2 до 6 м. В связи с относительно низкой высотой штабеля и высокой производительностью предприятий, для укладки штабеля применяют передвижные конвейеры и конвейеры-штабелеукладчики.

Уложенную в штабель руду выщелачивают раствором серной кислоты. Орошение штабеля раствором кислоты осуществляют с помощью эмиттерной системы. В процессе просачивания растворов через рудный штабель происходит растворение медных минералов. Дренажные со штабеля медьсодержащие растворы собирают с помощью системы трубопроводов и каналов в прудок-отстойник. В прудке происходит отстаивание твердых частиц, присутствующих в растворах. Из прудков осветленные растворы направляют на извлечение меди.

Продуктивные растворы КВ зачастую являются относительно бедными по меди (до 5 г/л) и содержат большое количество металлов примесей (железа, магния и др.). В этой связи, данные растворы в большинстве случаев непригодны для непосредственного извлечения меди. Для создания приемлемых условий для извлечения меди проводят концентрирование меди путем жидкостной экстракции. Экстракцию меди проводят в различной аппаратуре, самой распространенной из которой является система смеситель-отстойник. В зависимости от химического состава растворов и содержания меди операцию экстракции проводят в одну или несколько стадий. В случае проведения экстракции меди в несколько стадий организуют противоток водной и органической фаз. В результате экстракции медь на 85-95% переходит в органическую фазу, а основная часть примесей остается в водном растворе. Обезметалленные водные растворы после

экстракции подкрепляют по серной кислоте и возвращают на выщелачивание. Насыщенную по меди органическую фазу направляют на стадию реэкстракции, которую проводят растворами после электролиза меди, подкисленными до содержания серной кислоты на уровне 180-190 г/л. В ряде случаев, при наличии значительного количества примесей в продуктивных растворах, перед стадией реэкстракции проводят операцию промывки органической фазы кислым медьсодержащим раствором. В результате промывки происходит дополнительная очистка орг. фазы от металлов примесей. Полученный в результате реэкстракции водный раствор содержит от 40 до 48 г/л меди. Суммарное содержание металлов примесей в данном растворе не превышает 1-3 г/л. Обезметалленная органическая фаза со стадии реэкстракции возвращается на экстракцию меди из продуктивных растворов КВ.

Товарный реэкстракт смешивается с оборотными растворами отделения электролиза. Полученный раствор с содержанием меди 35-40 г/л направляется на электролитическое извлечение меди. Для электролиза применяют аноды из сплавов свинца и катоды из нержавеющей стали. В результате процесса электролиза медь осаждается из раствора на поверхности катодных матриц. После достижения требуемой толщины слоя катодной меди, катоды вынимают из электролизера и листы меди отделяют от стальных матриц на специальных сдирочных аппаратах. Листы катодной меди являются товарной продукцией предприятий.

Отработанный штабель после КВ подвергается утилизации. В случае если руда содержит малое количество глинистой составляющей, то отработанный штабель оставляют на действующей площадке, а поверх него формируют новый рудный штабель для КВ. В противном случае осуществляют выемку руды и ее транспортировку в отвал.

Несмотря на богатый мировой опыт кучного выщелачивания меди из окисленных руд в нашей стране существует только одно предприятие по добычи меди из окисленных руд - ОАО "Уралгидромедь" расположено в г. Полевской Свердловской области, которое занимается подземным выщелачиванием металла. Учитывая, что в России сосредоточены большие запасы окисленных медных руд, как в новых месторождениях, так и в отвалах действующих производств, в ближайшее время следует ожидать бурного развития технологии кучного выщелачивания меди в нашей стране. Уже сейчас на различных стадиях внедрения данной технологии находятся несколько металлургических предприятий.

Учитывая, что большинство действующих предприятий кучного выщелачивания меди находятся в зонах с теплым и засушливым климатом, реализация данного процесса в нашей стране, в виду климатических особенностей, требует разработки специальных технических решений.

Основной особенностью кучного выщелачивания меди в России является проведение процесса в условиях отрицательных температур. При реализации кучного выщелачивания меди в холодном климате рекомен-

дуются предусматривать специальные мероприятия, хорошо зарекомендовавшие себя при кучном выщелачивании золота.

Другой немаловажной особенностью является наличие на большинстве территорий положительного водного баланса между атмосферными осадками и величиной испарения воды. В странах с засушливым климатом, отработанную руду после кучного выщелачивания вывозят в отвал, где происходит ее естественное высыхание и исключается попадание кислых стоков в окружающую среду. При реализации кучного выщелачивания меди в России необходимо предусматривать мероприятия по нейтрализации оставшейся в отработанном штабеле серной кислоты. Кроме этого, в процессе кучного выщелачивания за счет выпадения атмосферных осадков может возникать избыток оборотных растворов, который также должен подвергаться нейтрализации перед складированием в хвостохранилище.

Учитывая большое количество факторов, которые могут оказывать влияние на эффективность извлечения меди из окисленных руд, перед реализацией технологии кучного выщелачивания требуется обязательное проведение детальных исследований технологических свойств руды. Данные исследования позволяют выбрать оптимальные параметры переработки руды и минимизировать риски, связанные с недостижением проектных показателей. Кроме того, требуется детальное изыскание климатической характеристики района строительства. Результаты данного изыскания должны быть обязательно учтены при разработке технологического регламента и последующем проектировании и строительстве предприятия.

КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСПЛАВА СИСТЕМЫ Cu-O УГЛЕРОДОМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОЛОГИИ ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ

В.П. Жуков¹, М.А. Яхнев²

¹д.т.н., профессор кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург, E-mail: zhukov.v.p@mail.ru

²магистрант 1-го года обучения кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург, E-mail: mik-yakhnev@yandex.ru

В процессе огневого рафинирования черновой меди осуществляют удаление остаточного от предыдущей стадии окисления и ошлакования примесей кислорода. С этой целью используют углеводороды газа, древесины или мазут[1]. В практике получения бескислородной меди известен опыт применения углеродсодержащих твердых раскислителей (графит, древесный уголь, кокс) [2]. В этом случае показана возможность эф-

фективного восстановления кислорода жидкой меди при температуре 1280°C углеродом и снижения концентрации $[O]_{Cu}$ с 0,04 до 0,01 % (по массе) за 60 мин обработки расплава восстановителем. Установлено [3], что кинетика процесса раскисления меди при активном перемешивании расплава лимитируется скоростью химической реакции



При анодной плавке осуществляют удаление кислорода с более высоких концентраций (0,75-0,35) до 0,15 - 0,10 %. В настоящей работе исследовали некоторые кинетические закономерности восстановления расплава системы Cu-O (0,35 % [O]) углеродом при введении кокса на поверхность жидкой меди и температуре 1150°C.

На рисунке показано изменение концентрации кислорода в жидкой меди ($[O]$, %, по массе) в зависимости от продолжительности раскисления коксом и мазутом, а также соответствующие эмпирические уравнения зависимости $[O]$ от времени. Приведены также величины коэффициентов детерминации R^2 . Удельный расход кокса составляет $3,3 \cdot 10^{-5}$ кг кокса/кг Cu, мазута 0,033 кг/кг Cu.

Последующее дифференцирование уравнений 1, 2 позволяет получить значения скорости восстановления в зависимости от времени:

$$v_2 = 0,13 \exp(-0.18t), \quad (2)$$

$$v_3 = 0,28 \exp(-0.97t). \quad (3)$$

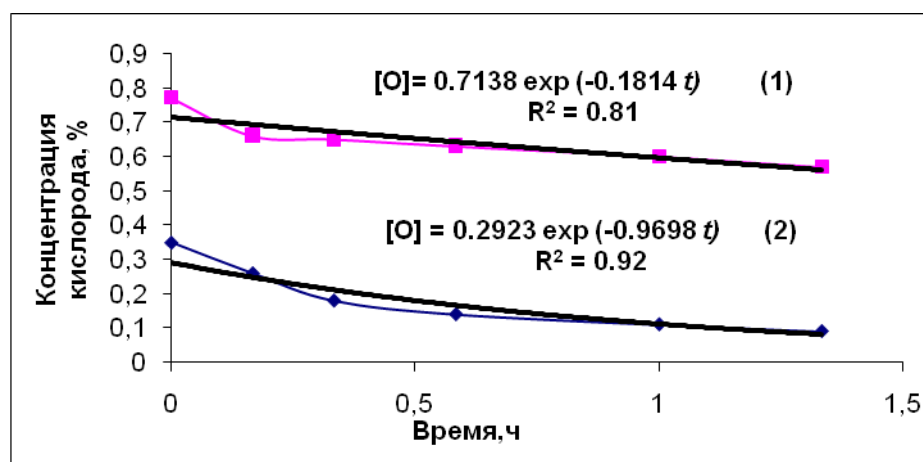


Рисунок - Изменение концентрации кислорода в меди и соответствующие эмпирические уравнения при восстановлении мазутом (1), коксом (2) в зависимости от времени t , ч

Анализ уравнений 2, 3 свидетельствует о том, что максимальная скорость раскисления мазутом, достигаемая за 10 мин восстановления составляет 0,12, а углеродом кокса выше - 0,24 %/ч.

Подставляя в уравнения 2, 3 время достижения заданных концентраций кислорода в меди, получим зависимость скорости восстановления от текущей концентрации кислорода:

$$v = 0,81 [O]^{0.90}. \quad (4)$$

Близкий к первому наблюдаемый порядок по кислороду может свидетельствовать о протекании процесса раскисления в диффузионной области. По-видимому, в условиях покровного введения твердого восстановителя и при отсутствии перемешивания конвективные потоки не в состоянии обеспечить транспорт кислорода в реакционную зону, и скорость процесса лимитируется массоотдачей кислорода в объеме расплава.

Библиографический список

1. Жуков В.П. и др. Рафинирование меди./ под редакцией проф, д.т.н. Жукова В.П. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2010.217 с.
2. Ватрушин В.С., Осинцев В.Г., Козырев А.С. Бескислородная медь. М.: Металлургия.1982.-192 с.
- 3.Тен Э.Б., Бадмажатова И.Б., Киманов Б.М. Известия Вузов Черная металлургия. 2008. №7, 41-45 с.

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ КОНВЕРТИРОВАНИЯ БОГАТЫХ МЕДНЫХ ШТЕЙНОВ

Н.Г. Агеев¹, В.А. Меньщиков²

¹к.т.н. профессор кафедры металлургии тяжелых цветных металлов Уральского федерального университета (УрФУ), г. Екатеринбург, e-mail: ageevng@k96.ru

²магистрант гр. МТМ-210303 института материаловедения и металлургии Уральского федерального университета (УрФУ), г. Екатеринбург, e-mail: kvadron@yandex.ru

Повышение производительности медеплавильного завода, использующего плавку Ванюкова для получения медного штейна, обусловило необходимость переработки в конвертерах богатого штейна, содержащего свыше 60 % меди.

Конвертирование такого штейна происходит в условиях дефицита тепла, снижения температуры в конвертере ниже необходимой для образования нормального по качеству конвертерного шлака, уменьшения количества перерабатываемых холодных материалов.

Кардинальным направлением совершенствования технологии конвертирования штейнов является ведение процесса конвертирования с применением дутья обогащенного кислородом. Однако в таком случае, по данным [1] температура в зоне фурменного пояса, где интенсивно развиваются процессы шлакообразования и окисления сульфидов, достигает 1600 – 1700 °С. Это приводит к интенсификации химического и эрозийного разрушения зоны фурменного пояса. Существует ряд методов, направленных на увеличение компаниции конвертора, к ним относят намотку

шлакового гарниссажа на основе магнетита на поверхность огнеупоров, организация систем охлаждения фурменного пояса конвертора [2] или замена настоящих огнеупоров на огнеупоры с лучшими техническими характеристиками и применение прогрессивных методов футеровки конвертора [3], таких как кладка, типа «шахматка».

Представляет интерес оценка предельных возможностей конвертирования богатых штейнов с использованием воздушного дутья. С этой целью определены главные статьи потерь тепла в процессе конвертирования и намечены пути их сокращения.

Хронометраж работы конвертерного отделения показал, что наиболее важными статьями потерь времени являются простой конвертера в ожидании штейна и с готовой черновой медью в ожидании слива ее в миксер для последующей разливки. В это время дутье в конвертер не подается, экзотермические реакции не идут, происходит уменьшение температуры рабочего пространства и футеровки конвертера вследствие потерь тепла во внешнюю среду. Вопрос, связанный с изменением температуры в конвертере в связи с темпом введения холодных материалов, ранее рассматривался в работе [4]. С учетом массы футеровки, теплофизических свойств огнеупора и других конструкционных материалов, особенностей теплопередачи от рабочего пространства к внешней среде, проведен расчет, позволивший оценить скорость охлаждения конвертера и определить температуру, до которой происходит охлаждение конвертера за время простоя.

Так при температуре рабочего пространства 1200°C , массе футеровки около 135 т, теплоемкости материала футеровки $920 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ за 30 мин простоя пустого конвертера в ожидании штейна конечная температура рабочего пространства понизится до 1076°C . В следующем цикле требуется значительное количество тепла для увеличения температуры до уровня, обеспечивающего реакцию шлакообразования и растворение кварцевого флюса. Тепловые потоки в таком режиме через поверхность футеровки изменяются от $3,86$ до $3,51 \text{ кВт}/\text{м}^2$, а скорость охлаждения составляет около 4°C в минуту. При больших исходных температурах она увеличивается до $5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, растут также и тепловые потоки до $4,13\text{--}3,78 \text{ кВт}/\text{м}^2$.

Для оценки достоверности результатов расчета проведена тепловизионная съемка корпуса конвертера, позволившая установить величину температуры на его поверхности. Установлено, что температура поверхности в различных ее зонах находится в пределах $112 - 199^{\circ}\text{C}$. Наибольшие температуры наблюдали в зоне под сливной горловиной ниже уровня расплава. Очевидно для этой зоны наблюдается наиболее высокий тепловой поток, обусловленный повышенной теплоотдачей от горячего расплава к поверхности футеровки, поскольку в этой зоне следует ожидать наибольшие скорости движения расплава, связанные с поворотом его направления движения. Усреднение температуры по поверхности конвертера позволило более достоверно оценить тепловые потери.

Проведенный расчет теплового баланса работы конвертера на богатом штейне с содержанием меди 60% позволил определить предельные массы перерабатываемых холодных материалов и ломов, которые равны соответственно 32,1 т и 5 т на 100 т перерабатываемого штейна.

Созданная программа расчета материального и теплового балансов конвертера позволяет прогнозировать его работу при изменении состава штейна, количества подаваемого дутья, флюса, холодных материалов и ломов.

Библиографический список

1. Шалыгин Л.М. Конвертерный передел в цветной металлургии. / Л.М. Шалыгин. М. : Металлургия, 1965. 160 с.
2. О возможности охлаждения фурменного пояса горизонтального конвертора / А.А. Гальнбек [и др.]. // Цветные металлы 1981. №4. С. 22 – 24.
3. Словиковский В.В. Повышение стойкости фурменного пояса горизонтальных конверторов медно – никелевого производства / В.В. Словиковский // Цветные металлы 2006. №2. С. 32 – 34.
4. Конвертирование богатых штейнов / А.В. Ванюков [и др.]. // Цветные металлы. 1987. №4. С. 19 – 21.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ МЕДЬЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ШЛАМОВ

Лобанов В.Г.¹, Мастюгин С.А.², Королев А.А.³, Воинков Р.С.⁴,
Хафизов А.Т.⁵

¹к.т.н., профессор кафедры Металлургии тяжелых цветных металлов Ур-ФУ, г.Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

^{2,3,4}ОАО «Уралэлектромедь», г.В.Пышма

⁵магистрант гр. Мтм -120303, Институт материаловедения и металлургии

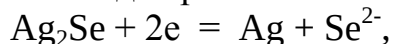
Шламы электролитического рафинирования меди являются важным источником благородных металлов и халькогенов. Многокомпонентность, многообразие химических соединений и фаз, существенные отличия шламов на разных предприятиях обуславливают наличие множества технологических схем и приемов извлечения селена и теллура в виде товарных продуктов, а также получение сплава серебряно-золотого. На заключительном этапе шламы плавят с получением золото-серебряного сплава.

Применяемые на практике и предлагаемые специалистами гидрометаллургические методы переработки шламов основаны на применении

сульфатизирующих, окислительных, автоклавных и электрохимических технологий. В практике отечественных предприятий для извлечения селена применяют преимущественно окислительный обжиг, обжигово-селенидную схему или непосредственную плавку обезмеженных шламов. В любом случае селен переводят в газовую фазу и на последующих стадиях улавливают кислыми или щелочными растворами. При этом все проблемы, связанные с присутствием плавильной операции в технологической схеме остаются.

Общим в известных методах выделения селена из шламов является окислительный характер применяемых приемов. Приемлемые скорости технологических процессов достигаются при высоких температурах или давлениях. Существенные термодинамические перспективы представляет альтернативный вариант вскрытия халькогенидов благородных металлов, основанный на восстановительной обработке. Впервые он предложен в работах [1, 2].

Технически способ сводится к поляризации шлама, помещенного на донный катод. При этом в объемном (насыпном) катоде протекает реакция:



в результате которой серебро восстанавливается до металла и остается в порошкообразном виде в составе твердого продукта, а селен переходит в раствор в форме селенида натрия Na_2Se . При этом извлечение селена из шлама превышает 95 %. Из щелочных растворов селен извлекают известными методами с получением товарного продукта.

Отличительными особенностями указанной технологии являются технологическая простота, «мягкость» режимов, отсутствие газовых выбросов на стадии выделения селена из шлама.

В работе изучены особенности катодного выщелачивания селена в щелочных электролитах из флотоконцентрата, получаемого при обогащении шлама ОАО «Уралэлектромедь». Обезмеженный шлам содержал 29% Pb; 19% Ag; 7,5% Se. После флотации содержание селена в шламе повышалось до 18,5%.

Опыты проводили в лабораторном электролизере объемом 3 дм³ с донным свинцовым анодом. Изучено влияние состава электролита, плотности тока и температуры на степень выщелачивания селена. Установлено, что в оптимальных условиях остаточное содержание селена в шламе может быть снижено до 1-1,5%. Предложены технологические приемы и аппаратные особенности, позволяющие снизить этот показатель до 0,5%. Выявлены положительные отличия в плавке катодного продукта, в первую очередь резко возросшая скорость процесса.

Библиографический список

1. А.с. 496963 СССР. Способ извлечения селена из селенсодержащих шламов электровыщелачиванием / Угорец М.З., Костилов А.И., Букетов Е.А. и др; опубл. 25.12.1975;

2. Рустембеков К.Т., Синтез, свойства неорганических соединений на основе халькогенов и их поведение в гидрохимических процессах /Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук, Караганда, 2009).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ CU-NI-AU

А.В. Колмагоров¹, Е.А. Анциферов², А.В. Анциферова³

¹студент гр. МЦ-08-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск

²к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: antsiferov@istu.edu

³к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: janac@mail.ru

В настоящее время к деталям, применяемым в СВЧ-техники, предъявляют жёсткие требования по качеству защитных покрытий. Одним из требуемых условий является хорошая паяемость золотого покрытия.

В существующих ТУ используют трёхслойное покрытие кобальта, где подслоем никеля необходим для предотвращения диффузии меди в золотое покрытие. На многих предприятиях используют, как химическое никелирование, так и гальваническое. В литературе нет однозначного ответа о том, какой никель лучше использовать. Однако в некоторых источниках описывается диффузия никеля и фосфора сквозь поры золотого покрытия и образование окисного слоя, который затрудняет паяемость деталей. Это наблюдается для химического никеля (Ni-P).

Нами проведены исследования применения разных электролитов для химического никелирования, а также сравнение с покрытием, полученным гальваническим осаждением. Гальваническое меднение было выполнено из электролита фирмы «Atotech», а золочение из электролита ОАО «Иркутский Релейный Завод».

Качество никелевого покрытия оценили по устойчивости к коррозии и содержания примесей в поверхности золотого покрытия.

Образцы, покрытые никелем помещали в раствор серной кислоты концентрации 0,5 моль/л и снимали поляризационные кривые на потенциостате Autolab PGSTAT302N. Исследование коррозии проводили при постоянной температуре ($t = 25^{\circ}\text{C}$).

Обработка полученных поляризационных кривых позволила определить плотность тока коррозии мА/см^2 , которая характеризует степень устойчивости защитной пленки. Токовый показатель скорости коррозии мА/см^2 пересчитан на глубинный показатель мм/год. Полученные данные представлены в табл.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что химическое покрытие Ni-P и никелевое покрытие, нанесённое гальваническим способом, полученное из электролитов Иркутского релейного завода показали наибольшую устойчивость к агрессивному воздействию.

Таблица - Результаты проведения испытаний

№ обр.	Покрытие	Коррозия, мм/год
1	Гальванический Ni (Электролит ОАО «ИРЗ»)	0,19
2	Ni-P (Электролит ОАО «ИРЗ»)	0,11
3	Ni-P (Электролит фирма «Экомет»)	0,51
4	Ni-P (Электролит фирма «Atotech»)	1,33
5	Ni-B (№1)	0,41
6	Ni-B (№2)	0,74

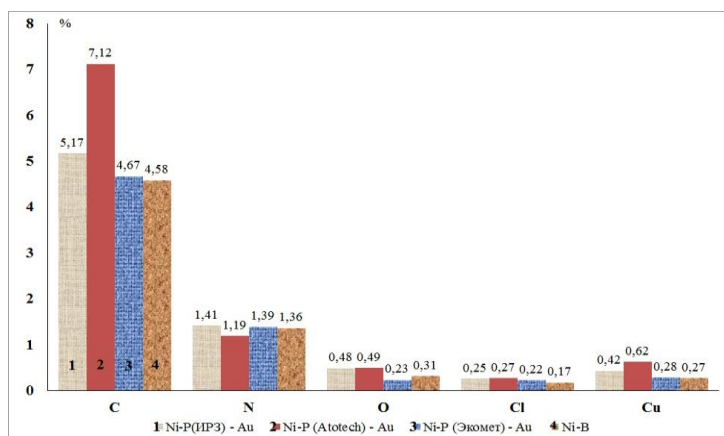


Рис. 1. Состав поверхности золотого покрытия после термического воздействия.

Проведённый рентгеноспектральный анализ состава поверхности показал, что в поверхностном слое золотого покрытия не обнаружено содержание никеля, фосфора и бора (рис.). Детали предварительно были подвергнуты обработке при температуре 200 °С в течение 2 часов.

В настоящей работе не обнаружено диффузии никеля, фосфора и бора на поверхность золотого покрытия. Наличие меди возможно связано с пористостью никелевого покрытия, а при нагревании медь диффундирует на поверхность. В поверхностном слое довольно много углерода и азота, что требует дополнительных исследований.

ЛИКВАЦИОННАЯ ПЛАВКА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Г.И. Хантургаева

к.х.н., зав.лабораторией химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, доцент кафедры органической химии БГУ, г. Улан-Удэ, e-mail: tech-min@binm.bscnet.ru

Эффективными способами переработки труднообогатимых руд в условиях экологических ограничений являются новые комбинированные технологии, сочетающие традиционные методы обогащения с методами направленного изменения технических и технологических свойств минералов путем частичной или полной перестройки их структуры. Процессы направленного превращения минералов, основанные на законах природного минералообразования – матричном синтезе и структурообразовании протекают в неравновесных условиях и, по аналогии с природными, позволяют синтезировать по экономному пути новые соединения, селективно разделять и концентрировать все компоненты сырья. Они отличаются высокой скоростью, малой энергоемкостью (за счет использования внутренней энергии), высокой комплексностью и крупной масштабностью.

Одним из таких способов является ликвационное разделение химических элементов рудного сырья, основанное на структурировании расплавов и кристаллизации простых солей. Структурообразование расплавов в процессе термохимического обогащения минерального сырья является стимулятором для селективного разделения компонентов сырья по образующимся фазам расплава. Минералы, распадаясь структурируются по химическому механизму: металлы легко восстанавливающиеся, образуют расплав металлов, сульфидные минералы образуют твердые растворы сульфидов - штейн; щелочные металлы, вольфрам, молибден, рений – образуют твердые растворы солей. Силикатная часть расплава представляет собой стеклообразную массу состоящую из силикатов и ортосиликатов кальция, магния, алюминия, железа.

Ликвация в многокомпонентных системах относится к явлениям, связанным с потерей устойчивости систем. При взаимодействии в системе MeO-SiO_2 происходит в той или иной степени разрыв связей Si-O-Si , так что в расплаве образуются анионные группировки различной сложности. При переходе через критическую точку расслаивания и последующем охлаждении расплава анионные группировки начинают соединяться друг с другом, при этом подвижность этих частиц резко понижается. В этих условиях наиболее подвижными будут более простые частицы: катионы ме-

таллов, анионы кислорода и простые кремнекислородные группировки (Si-O-Si, Me-O-Si). Образование катионных группировок, с одной стороны, и сетчатых малоподвижных структур, с другой стороны, создает градиенты потенциалов. Сетчатые структуры в расплаве, близкие по прочности твердым телам, обуславливают изменение химического потенциала кремнезема, частицы которого все больше и больше присоединяются к сеткам. В соответствии с условиями устойчивости по отношению к диффузии происходит выталкивание из сетчатых структур второго компонента.

Таким образом, расслаивание в неорганических системах необходимо рассматривать, как процесс, характеризующийся различием в межмолекулярных силах взаимодействия что, приводит к образованию межмолекулярных ассоциаций разного сорта. Стремление к равновесию внутри не смешивающихся жидкостей ведет к выталкиванию частиц другого сорта из одного слоя в другой. Присутствие сульфидов в исходном концентрате способствует образованию сульфата натрия и в силу изоморфизма концентрированию в нем солей молибдена, вольфрама, рения с образованием молибдата, вольфрамата и перрената натрия. Это позволяет в условиях электротермической ликвационной плавки концентрировать в солевой фазе молибден, вольфрам, рений при любом их содержании в исходном сырье, что дает возможность осуществить с достаточной эффективностью переработку низкосортных молибденовых и вольфрамовых концентратов и промпродуктов.

Следует отметить, что в ликвационном разделении компонентов образуются чисто химические концентраты: сульфатные соли, в которые концентрируются за счет изоморфного замещения вольфрам, и/или молибден, или рений, в сульфидный слой концентрируется медь, частично сурьма; свинец, висмут, серебро, золото, сурьма концентрируются в металлическом слое.

В этом отношении ликвационная плавка является неким универсальным методом, позволяющим намного увеличить запасы сырьевых материалов.

Ликвационная плавка использована нами в технологии переработки низкокачественных концентратов и промпродуктов вольфрамовых руд Инкурского месторождения, молибденовых руд Эрдэнэйтин-Овоо, Мало-Ойногорского, Жарчихинского, Колобковского месторождений, висмут-серебряных руд месторождения Асгат (Монголия).

Молибденовые руды перерабатывались с получением в качестве конечного продукта трисульфида молибдена (MoS_3). Этот искусственный концентрат (MoS_3) довольно легко получается при плавлении или спекании молибденового концентрата с содой или сульфатом натрия и последующей гидрометаллургической схемой переработка сульфатмолибдатного солевого плава или спека [1-4].

Несомненно, ликвационная плавка – процесс, требующий затраты электроэнергии. Однако, отметим, что для переработки любого минераль-

ного сырья с последующим выделением металлов из концентрата требуются энергетические затраты, по крайней мере не меньшие, чем в ликвационной плавке. Практически по смыслу ликвационная плавка направлена на вскрытие минералов, глубокое изменение их свойств и разделение компонентов сырья по образующимся фазам (газовая, силикатная, солевая, штейновая, металлическая).

Термохимическое обогащение можно легко прогнозировать методом тер-модинамического моделирования с использованием программных комплексов «Астра 4/ps» или «TERRA», разработанных в МВТУ им. Баумана [5].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА СПЛАВА ТИПА МАГНАЛИЙ

С. Н.Федоров¹, М.В.Константинова²

¹ студент гр.МЦ-10-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск

² к.х.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов ИрГТУ, г.Иркутск

Представляет интерес использование сплавов типа магналий для изготовления изделий деформированием в режиме сверхпластичности. Структурная сверхпластичность не является свойством каких-либо особых сплавов. Требуется соответствующая подготовка сплава с точки зрения его структуры и определенные условия деформации. Структурная сверхпластичность наблюдается в металлах и сплавах с ультрамелким зерном - 0,5-10 мкм - при температуре $T > 0,5T_{пл}$ и при небольших скоростях деформации. Проблема создания промышленных сплавов, способных к сверхпластичности – получение в них ультрамелкого равноосного зерна и сохранение его размеров при высокой температуре в течение десятков минут при деформировании [1].

В настоящей работе произведено исследование микроструктуры сплава типа магналий АМг6 с целью определения размера зерна. В работе использовались образцы листов сплава АМг6 в отожженном состоянии. Состав сплава: 5,8-6,8% Mg, 0,5-0,8 % Mn, 0,02-0,1% Ti, 0,0002-0,005% Be, до 0,4% Fe, до 0,4% Si, до 0.1% Cu, до 0,2% Zn., основа Al [2].

Размер зерна – средний размер случайных сечений зерен в плоскости микрошлифа. Для его определения необходимо, чтобы при приготовлении микрошлифа травление четко выделило бы границы зерен.

Приготовление микрошлифа производилось по стандартной методике выполнением последовательно шлифования, полирования и травления поверхности образца. Образец шлифовался вручную, начиная со шлифовальной шкурки с крупным зерном, с последующим переходом к

шкуркам с более мелким зерном. Затем производилось полирование образца для удаления рисок шлифования. Механическое полирование производили с использованием полировального станка. Для выявления микроструктуры металла образец подвергали травлению в 9%-ном растворе ортофосфорной кислоты H_3PO_4 в течение 45 мин.

Структура отожженного сплава АМг6 – светлые равноосные зерна α -твердого раствора на основе алюминия и отдельные темные включения упрочняющей фазы Mg_2Al_3 .

Определение размера зерна в соответствии с ГОСТ 6539-82 может производиться различными методами. В нашем исследовании использованы два из них.

Метод визуальной оценки состоит в сравнении видимых в окуляре типичных мест изучаемой микроструктуры при 100-кратном увеличении микроскопа с эталонной шкалой ГОСТа, представляющей собой схематизированную сетку, ограничивающую зерна среднего размера. По этому методу размер зерна соответствовал 9 номеру.

В случае применения второго метода производили измерение среднего размера зерен с использованием металлографического микроскопа с применением окуляра-микрометра (т.е. окуляра, в который вставлена пластинка с линейкой). Цена деления окуляра-микрометра при выбранном объективе определяется с помощью объекта-микрометра (эталонной пластинки, на которую нанесен 1 мм, деленный на 100 равных частей, таким образом, его цена деления составляет 10 мкм). После совмещения шкал определяют, сколько делений шкалы объекта-микрометра совпадает с определенным количеством делений шкалы окуляра-микрометра (при этом необходимо принимать во внимание всю окулярную шкалу или ее отрезок максимальной длины, попадающий в поле зрения).

Цену деления шкалы окуляра-микрометра $\Pi_{ок}$ определяли по формуле

$\Pi_{ок} = \Pi_{об} \cdot A / B$, где $\Pi_{об}$ – цена деления шкалы объекта-микрометра 0,01 мм, А – число совмещенных делений объекта-микрометра, В – число совмещенных делений окуляра-микрометра.

Сущность этого метода состоит в подсчете числа зерен, пересеченных серией отрезков шкалы окуляра-микрометра равной длины, и в определении среднего условного диаметра, т.е. частного от деления суммы длин всех отрезков на число пересеченных зерен. Подсчитывают число пересеченных линейкой окуляра зерен. Проведя расчет для двух взаимно перпендикулярных отрезков (поворачивая окуляр), повторяют его не менее чем для пяти характерных мест шлифа. Определяют средний размер зерна по горизонтали $A_{гор}$

$A_{гор} = \Pi_{ок} K / 3$, где К – число делений окуляра-микрометра, в границах которых подсчитывалось количество зерен 3.

Затем аналогичным образом рассчитывают средний размер зерна по вертикали $A_{вер}$. Средний размер зерна $A_{ср}$ находится как среднее арифме-

тическое горизонтального и вертикального размеров. Для равноосных зерен найденный средний размер зерна приравнивается к среднему диаметру зерна. Площадь зерна S определяется по формуле $S = \pi \cdot A_{\text{ср}}^2 / 4$, и затем по соответствующей таблице определяют номер зерна.

В нашем случае цена деления окуляра-микрометра при выбранном объективе составила около 4 мкм, и размер зерна составил 15-20 мкм, что соответствует 8-9 номеру. Чтобы сплав обладал структурной сверхпластичностью, размер зерна должен быть 5-10 мкм, что соответствует номеру 10-12. Таким образом, установлено, что размер зерна исследуемого сплава не соответствует требованиям сверхпластичности.

Библиографический список

1. Сверхпластичность металлических материалов. Шоршоров М.Н. и др. - М., Наука, 1973, 219с.
2. Конструкционные материалы: Справочник/ Арзамасов Б.Н. и др. – М.: Машиностроение, 1990, 688с.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ-КОМПЛЕКСОНОВ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

О.С.Анисимова¹, Ю.Ф.Сергеева², Н.Р.Галлямова³

¹ к.т.н., доцент кафедры МТЦМ УрФУ, Екатеринбург, E-mail: osanis@mail.ru

² аспирант кафедры МТЦМ УрФУ

³ студент гр. МТМ – 210304 кафедры МТЦМ УрФУ, Екатеринбург

Гидрометаллургические способы переработки техногенного сырья, как правило, основаны на операции выщелачивания, которое проводят в растворах кислот (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl), щелочей (NaOH , NH_4OH) или подкисленных солей (FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), либо комплексообразующих растворителей.

Сульфатные гидрометаллургические схемы изучены достаточно хорошо, что связано с дешевизной и доступностью серной кислоты. Однако использование кислот сопряжено с дополнительным расходом реагентов на селективное выделения металлов из растворов. Кроме этого, необходимо создание специального кислотостойкого оборудования, работающего при повышенных температурах. Возникают проблемы, связанные с необходимостью утилизации сульфат-ионов.

Гидрометаллургическая переработка свинецсодержащих техногенных отходов, кеков и пылей с применением комплексообразующих реаген-

тов обеспечивает селективное извлечение металлов и возможность электрохимической регенерации растворителя.

Технологии, разработанные на кафедре МТЦМ Уральского федерального университета, соответствуют современным экологическим требованиям, полностью замкнуты по стокам и твердым отходам и вписаны в производственный цикл предприятия. Преимуществами являются: нетоксичность растворителей, возможность проведения технологических процессов при обычной температуре в негерметичных реакторах, не требуют специальных конструкционных материалов.

Полиаминные комплексоны обладают рядом специфических свойств: способностью образовывать комплексы со щелочноземельными и переходными элементами в строго определенной области pH, что позволяет использовать их как селективные реагенты.

Среди рассматриваемых соединений этого класса наиболее характерным и обстоятельно изученным является диаминный комплексон — этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА), двузамещенная соль которой известна как трилон Б.

Применение ЭДТА для выщелачивания свинецсодержащих промпродуктов позволяет количественно перевести свинец в раствор за одну стадию, оставляя большую часть металлов-примесей в твердой фазе. Поддержание pH = 7 обеспечивает высокое извлечение свинца (96-98 %).

Операция очистки раствора после выщелачивания свинцового кека в ЭДТА основана на различной растворимости комплексона, сульфата свинца в кислой среде и сульфатов цветных металлов и железа. Проводя нейтрализацию серной кислотой, получаем осадок сульфата свинца ($PP_{PbSO_4} = 1,6 \cdot 10^{-8}$). Железо, медь и цинк остаются в растворе в виде собственных сульфатов. Растворимость ЭДТА минимальна в кислой среде, поэтому, уменьшая pH раствора после выщелачивания до 1,5, разрушаем комплексонаты всех металлов и количественно переводим H_4EDTA в молекулярной форме в осадок. Смесь этилендиаминтетрауксусной кислоты и сульфата свинца суммировали и растворили в воде с добавлением NaOH для достижения pH=10. В результате получили электролит состава, г/дм³: Pb – 40, Na₄ЭДТА – 150.

Электроэкстракцию свинца проводили в двухкамерном электролизере, процесс продолжали до истощения электролита по свинцу (5,0 г/дм³ Pb), получили губчатый катодный свинец, по составу соответствующий марке С1 и регенерированный электролит, содержащий до 100 г/дм³ ЭДТА. Выход по току составил 98 %.

Еще более перспективным направлением применения комплексонов является применение полидентантных фосфоновых кислот.

На кафедре МТЦМ Уральского федерального университета разработана схема по переработке тонких пылей медеплавильных предприятий с применением фосфорсодержащего комплексообразователя — оксиэтилендифосфоновой кислоты (ОЭДФ). Комплексон обладает пентадентант-

ностью, проявляя формы анионов от L^{5-} в щелочной среде до молекулярной H_5L в кислой. Область комплексообразования для ионов свинца, меди, цинка и железа индивидуальна для каждого элемента, что позволяет извлекать их в раствор селективно.

Главной операцией схемы является выщелачивание тонкой пыли в растворе комплексообразователя при pH 12. При этом в раствор переходит весь свинец и незначительное количество меди, цинка и железа. Для селективного отделения свинца от ионов-примесей, понижаем pH среды до значений 8,5–9. Образующийся несимметричный фосфонат свинца $PbH_3OЭДФ$ обладает меньшей растворимостью и выпадает в осадок, который отделяем фильтрованием, затем заново растворяем, повышая pH. Емкость фосфоновой кислоты по свинцу достигает 200 г/г.

Полученный свинцовофосфонатный раствор подвергаем процессу электроэкстракции, а отработанный электролит направляем на первую стадию выщелачивания тонкой пыли.

Кек после первой стадии подвергаем повторному выщелачиванию раствором того же комплексообразователя в кислой среде при pH около 1. Примесные ионы практически полностью переходят в раствор, который направляем на разделение и выделение металлов в товарные продукты.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ КАК НОВЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ

В.В. Егоров¹, С.В. Мамяченков²

¹студент гр. МТМ – 120304 кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург

²д.т.н., профессор кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург, E-mail: svma-myachenkov@yandex.ru

В процессе обогащения полиметаллического рудного сырья методами флотации происходит непрерывное накопление в технологической схеме промпродуктов, представляющих собой трудновскрываемое сульфидное сырье. Для его переработки требуется принципиально новая технология, позволяющая осуществить глубокое селективное разделение металлов с высокой степенью извлечения.

Объектом исследования выбраны промпродукты обогащения фабрик Восточного Казахстана. Для исследований взяты сульфидные продукты обогащения медно-цинковой руды Белоусовской, Николаевской и Берёзовской обогатительных фабрик.

Переработка подобного сырья пирометаллургическими способами связана с потерями легковозгоняющихся компонентов, а значит и со значительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

Переработка трудновскрываемых промпродуктов существующими методами обогащения, возвращением их в цикл размола вызовет снижение производительности фабрики, либо потребует дополнительных капитальных затрат, а следовательно, будет увеличена себестоимость конечного продукта.

Таким образом, для решения поставленной проблемы наиболее перспективными на сегодняшний день представляются гидрометаллургические методы переработки.

В результате проведенного обзора литературных источников были проанализированы некоторые из предлагаемых путей решения обозначенной проблемы.

Рассмотрен способ повышения эффективности флотационного обогащения труднообогатимых хвостов переработки медно-цинковых руд, включающий механохимическую активацию и применение сочетаний тиоловых собирателей и гидрофобного полимера [1]. Использование специальных реагентов в процессе флотации труднообогатимых сульфидных материалов для исследуемого объекта малоэффективно, так как не позволяет разделять сростки минералов.

Изучена возможность использования методов биогидрометаллургии, приведен метод бактериального выщелачивания сульфидных концентратов и промпродуктов культурами литотрофных микроорганизмов, предложена технологическая схема переработки медно-цинковых руд Сафьяновского месторождения с использованием бактериально-химического выщелачивания [2]. Данная технология требует поддержания низкого значения рН в узком интервале, что затруднительно в промышленных условиях.

В ряде работ описаны процессы выщелачивания сульфидов методами гидрохимического окисления посредством атомарного кислорода, трёхвалентного железа [3]. Предлагается ряд способов переработки, предусматривающих выщелачивание упорного сырья в хлоридсодержащем растворе [4]. Применение данных методов в промышленности сопряжено с рядом технологических трудностей, а также с загрязнением окружающей среды хлором и другими окислителями.

Электрохимическое выщелачивание представляет собой развитие способов гидрохимического окисления: при наложении постоянного тока интенсифицируются процессы выщелачивания в прианодной зоне, также на аноде происходит регенерация окислителя (трёхвалентного железа из двухвалентного). Вместе с тем представляется возможным обеспечить условия для восстановления меди на катоде.

На основании проведенного литературного обзора сделан вывод, что наиболее рациональным способом решения проблемы переработки трудновскрываемых сульфидных промпродуктов обогащения является электрохимическое выщелачивание. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение химизма и кинетики процесса для разработки технологии с наилучшими технико-экономическими показателями.

Библиографический список

1. Саркисова Л.М. Повышение эффективности переработки отходов флотационного обогащения медно-цинковых руд на основе применения сочетаний реагентов собирателей и флокулянтов [Автореферат]: дис. кандидат технических наук: 25.00.13 / Саркисова Лидия Михайловна – М., 2008. - 134с.
2. Павличенко Г.А. Выщелачивание сульфидных медных и медно-цинковых руд :На примере Сафьяновского месторождения, Урал [Автореферат]: дис. кандидат технических наук: 05.16.03 / Павличенко Галина Андреевна. - Екатеринбург, 1998. - 176 с.
3. Болатбаев К.Н. Исследование закономерностей высокотемпературного гидрохимического окисления сульфидов цинка, свинца, железа и разработка на их основе комбинированных схем переработки труднообогащаемых полиметаллических руд [Автореферат]: дис. доктор технических наук: 05.16.02 / Болатбаев Казбек Нельевич. - Екатеринбург, 2006. - 271 с.
4. Fatma Arslan, Dudy Paul F, 1997. Electrooxidation of pyrite in sodium chloride solutions, Hydrometallurgy, 46: 132-138

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКСИДИРОВАННОГО ТИТАНА В КОНДЕНСАТОРОСТРОЕНИИ

Кузьмина М.Ю.¹, Кузьмин М.П.², Пьявкина А.А.³

¹к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

²аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

³студентка гр. МЦ–10–1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: pyavkinaa@mail.ru

Оксидные слои на титане, полученные электрохимическим окислением металла в индивидуальных нитратах натрия, калия и в их смесях, обладают высокими и стабильными диэлектрическими характеристиками [1]. В данной работе установлено, что добавление в нитратный расплав ряда кислородосодержащих анионов и фтор-иона существенно влияет на диэлектрические свойства оксидных плёнок на титане, полученных при окислении его в нитратных расплавах, а также на характер их зависимостей от температуры и напряжения оксидирования.

Исследования проводились в эвтектической смеси $\text{NaNO}_3\text{--KNO}_3$ (50 % мол.). Кислородосодержащие анионы вводились в нитратный расплав в виде хромата, бихромата, гидроксида и фторида калия, нитрита и пероксида натрия. Концентрация добавок определялась, исходя из растворимости

вводимых в нитратный расплав солей [1]. Оксидирование титана производилось в потенциостатическом режиме. Измерение токов утечки осуществлялась в растворе азотной кислоты (10 % масс.). Температура оксидирования составляла 623 К, а время процесса – 20 мин. Выбор температуры и времени окисления обусловлен необходимостью получения плёнок, обладающих минимальным значением фактора утечки. Как показано в [1], оксидный слой на титане практически успевает сформироваться за 15–20 минут. Максимальное напряжение при оксидировании титана не превышало 70–85 % от напряжения пробоя оксидного слоя. При более высоких значениях $U_{ок}$, диэлектрические свойства оксидных плёнок резко ухудшались.

Установлено, что диэлектрические характеристики оксидов, полученных в эквимольном расплаве $NaNO_3-KNO_3$, позволяют использовать оксидированный титан в конденсаторостроении. Добавление в расплав $NaNO_3-KNO_3$ пероксида натрия (до насыщения нитратного расплава) оказывает слабое влияние на диэлектрические параметры оксида в сравнении с данными, полученными для расплава $NaNO_3-KNO_3$. Удельная ёмкость в обоих случаях имеет сходное значение, что указывает на образование оксидных плёнок, близких по толщине. Фактор утечки оксидов для того и другого расплава незначительно меняется в области напряжения до 30 В, а затем начинает возрастать, что можно объяснить появлением дефектов в плёнке с ростом напряжения оксидирования за счёт локального перегрева диэлектрика.

Введение в нитратный расплав гидроксида калия или нитрита натрия приводит к заметному ухудшению диэлектрических параметров оксидных слоёв. Увеличение ёмкости окисленных образцов указывает на образование в этих электролитах, являющихся агрессивными по отношению к TiO_2 , более тонких оксидных плёнок. Тангенс угла диэлектрических потерь при этом также возрастает. Во всём изученном интервале напряжений наблюдается заметное увеличение фактора утечки. Если в эквимольном расплаве $NaNO_3-KNO_3$ величина I_{ym} мала вплоть до $U_{ок} = 50-60$ В, то при введении в него анионов OH^- или NO_2^- оксидные плёнки с удовлетворительными характеристиками образуются только при низких значениях напряжения (10–15 В). Особенно сильное влияние на диэлектрические свойства оксида титана оказывает введение в нитратный расплав ионов CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$ и F^- . Присутствие в расплавах этих ионов вызывает резкое возрастание фактора утечки, а также тангенса угла диэлектрических потерь и удельной ёмкости. Возрастание остаточных токов в процессе оксидирования свидетельствует об образовании дефектной оксидной плёнки, обладающей низкими диэлектрическими свойствами. Существенное влияние на качество образующихся на титане диэлектрических оксидных слоёв оказывает температура оксидирования. Зависимости фактора утечки оксидных плёнок от температуры во всех исследуемых системах идентичны и представляют собой U-образные кривые. В случае добавок в нитратный расплав неорганических соединений, минимальные значения тока и фактора утечки достигаются

при температуре 623 ± 10 К. Это связано с изменением структуры образующихся плёнок. Согласно данным рентгеноструктурного анализа [1], при температурах около 520 К образуется оксидная плёнка, преимущественно из TiO_2 (анатаз). При увеличении температуры оксидирования выше 570 К начинает происходить формирование TiO_2 (рутил) и диэлектрические свойства оксида при этом улучшаются. Таким образом, введение в нитратный расплав добавок кислородосодержащих анионов и ионов фтора приводит к значительному ухудшению диэлектрических свойств оксида титана.

Из результатов данной работы следует, что, с точки зрения использования TiO_2 в конденсаторостроении, оксидирование титана необходимо проводить в нитратных расплавах, не содержащих примесей рассмотренных выше ионов. С другой стороны, ухудшение диэлектрических свойств оксида при анодном окислении титана в нитратном расплаве, содержащем добавки гидроксидов, хроматов, бихроматов, и, особенно, фторидов, связанное с образованием дефектной структуры оксидного слоя с повышенной проводимостью, должно представлять практический интерес в связи с возможностью использования TiO_2 для создания электрохромных индикаторов.

Библиографический список

1. Кузьмина М.Ю., Кузьмин М.П. Явление электрохромного эффекта в тонких плёнках оксида титана // Вестник ИрГТУ. 2011. № 2 (49). С. 136–142.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОКСИДИРОВАННОГО ТИТАНА

Кузьмина М.Ю.¹, Кузьмин М.П.², Бартаханова Е.О.³

¹к.х.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kuzmina.my@yandex.ru

²аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mike12008@yandex.ru

³студентка гр. МЦ–09–1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: bartahanova@mail.ru

Вентильные металлы, к числу которых относится титан, при электрохимическом окислении образуют оксидные плёнки, обладающие интерференционной окраской [1,2]. Для титана исследования по цветному анодированию были проведены в водных растворах кислот и щелочей. Однако при окислении титана в водных растворах удаётся получить анодные плёнки с ограниченным спектром цветов окрашивания (коричневый, фио-

летовый, синий, голубой, жёлтый). Как было установлено в нашей работе, полученные в водных средах плёнки обладают недостаточной коррозионной стойкостью, в частности, в растворах соляной и серной кислот. Поэтому было необходимо изучить процесс окисления титана в нитратно-нитритных расплавах щелочных металлов. Сведения о применении процесса анодирования титана в расплавленных солях с целью его окрашивания в литературе отсутствуют.

Предварительные исследования показали, что титан, окисляясь в индивидуальных нитратах и в эвтектических смесях $\text{NaNO}_3\text{--KNO}_3$ и $\text{LiNO}_3\text{--NaNO}_3\text{--KNO}_3$, образует оксидные плёнки, обладающие широким спектром интерференционной окраски. Однако окрашивание титана в этих средах протекает не всегда удовлетворительно, так как при этом часто наблюдалось неравномерная окраска образцов, связанная с образованием неравномерного по толщине слоя оксида на поверхности электрода. Исследования, проведённые по подбору состава электролита и параметров оксидирования для получения равномерно окрашенной оксидной плёнки на поверхности титана, показали, что наилучший результат даёт использование в процессе электрохимического оксидирования нитратов, содержащих добавку нитритов (4,0–38,5% мол.) щелочных металлов. Анодирование титана осуществлялось при температурах 593–643 К в гальвано- и потенциостатических условиях. В качестве оптимальных были выбраны следующие условия анодирования: плотность тока составляла 200–600 А/м², напряжение при оксидирования 5–45 В, а время окисления титана в потенциостатическом режиме 15–20 минут.

Таблица - Результаты коррозионных испытаний титановых образцов

№	Коррозионная среда	Электролит для оксидирования титана	Время коррозионных испытаний, ч	Скорость коррозии, г/м ² ·ч	Результаты визуальных наблюдений
1	Раствор соляной кислоты (16 % масс.)	KOH (12 % масс.)	185	0,277	Анодная плёнка полностью растворилась
2	Раствор соляной кислоты (16 % масс.)	$\text{KNO}_3\text{--NaNO}_2$ (4,3 % мол.)	185	0	Коррозия отсутствует
3	Раствор серной кислоты (60 % масс.)	KOH (12 % масс.)	325	0,004	Наблюдается точечная (питтинговая) коррозия

4	Раствор серной кислоты (60 % масс.)	KNO_3-NaNO_2 (4,3 % мол.)	325	0	Коррозия отсутствует
---	-------------------------------------	-----------------------------	-----	---	----------------------

Проведение процесса электрохимического оксидирования титана в нитратно- нитритных расплавах при указанных условиях позволило получить широкую гамму цветов (от коричневого до красного) оксидов титана.

Оценка коррозионной устойчивости оксидов, полученных окислением титана в расплавленных солях, проведена путём длительной выдержки образцов при комнатной температуре в растворах соляной (16 % масс.) и серной кислот (60 % масс.). Результаты опытов представлены в таблице. Как видно, наблюдалась очень высокая коррозионная устойчивость образцов, оксидированных в расплавленных солях. Объяснить этот факт можно различным фазовым составом полученных оксидов. Проведённые рентгеноструктурные исследования показали, что в случае расплавов оксидная плёнка состоит преимущественно из TiO_2 (рутил), в то время как при оксидировании в водном растворе гидроксида калия образуются оксиды, в состав которых входят TiO_2 (анатаз) и ряд более низших оксидов: Ti_4O_7 , Ti_2O_3 и TiO .

Таким образом, электрохимическое оксидирование титана в средах на основе нитратов щелочных металлов с добавкой 4,0–38,5 % нитритов щелочных металлов позволяет получить целую гамму цветов анодных окислов на титане, обладающих большой коррозионной устойчивостью в растворах кислот. Способ цветного анодирования может найти применение для антикоррозионной защиты и декоративной отделки изделий из титана, применяемых в различных областях техники, в частности в химической и машиностроительной промышленности.

Библиографический список

- 1 Кузьмина М.Ю., Кузьмин М.П. Коэффициент контраста титанового электрохромного электрода // Вестник ИрГТУ. 2011. № 8 (55). С. 139–143
2. Кузьмина М.Ю., Кузьмин М.П. Электрохромные свойства оксидов титана // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. 2011. № 1. С. 115–120.

УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА

Мельников К.Е.¹, Маковская О.Ю.²

¹магистрант гр. Мтм-120303, Института материаловедения и металлургии УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: hose333@yandex.ru

²к.т.н., доцент кафедры Металлургии тяжелых цветных металлов УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: makovskaya@inbox.ru

Использование вторичного металлосодержащего сырья в современном мировом производстве металлов быстро и неуклонно растёт [1]. Благородные металлы не являются исключением. В настоящее время значительное количество благородных металлов извлекается из вторичного сырья, в частности из электронного лома.

Традиционной гидрометаллургической технологией переработки электронного лома с целью извлечения из него благородных металлов является царско-водочное растворение [2].

Практически вне зависимости от принятой технологической схемы при гидрометаллургической переработке электронного лома образуются маточные растворы. Состав их отличается сложностью и непостоянством. В литературе не обнаружено способа переработки таких растворов, который позволил бы утилизировать содержащиеся в нем цветные и благородные металлы.

Переработка маточных растворов затруднена по следующим причинам:

- высокое содержание Cl-иона;
- высокая кислотность;
- присутствие металлов в разнообразных ионных формах;
- присутствие значительных количеств органических соединений [3].

Цель данной работы – определение возможности проведения электролитического постадийного осаждения меди, никеля и железа из маточных растворов после царско-водочного растворения радиоэлектронного лома. Исследованы растворы следующего состава, г/дм³: 51 Fe; 86,3 Ni; 10,3 Zn; 11,9 Co; 1,1 Ag; 112,2 Cu; 2,0 Pb; 2,8 Sn; Au 2,3 мг/дм³; Pd 50,1 мг/дм³.

Как правило, перед операцией осаждения золота проводят разрушение азотной кислоты, поэтому маточные растворы условно можно считать солянокислыми.

При электролитическом выделении меди из солянокислого раствора протекают следующие процессы:

на катоде: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cu}^0$, $\varphi^0 = 0,34 \text{ В}$;

аноде: $2 \text{Cl}^- + 2\text{e} = \text{Cl}_2$, $\varphi^0 = 1,36 \text{ В}$

Для предотвращения выделения хлора на аноде предложено использовать катионообменную мембрану. В качестве католита использован маточный раствор. В качестве анолита 10% раствор NaOH. Электроды изготовлены из нержавеющей стали.

В серии опытов определяли условия для наиболее полного осаждения меди из раствора.

Измерение массы катода проводили каждые два часа, после чего осадок снимали растворением в серной кислоте и продолжали электролиз. Электролиз проводили до полного выделения меди (до появления признаков примесей на катоде).

При дальнейшем проведении опыта на катоде образовывался мелкодисперсный осадок черного цвета. При анализе электролита [4] выяснилось, что медь из раствора удалили на 86,3 % от начального ее содержания. В конце электролиза наблюдалось интенсивное газовыделение на катоде.

Данный эксперимент повторяли несколько раз, повышая плотность тока. Полученные результаты представлены в таблице.

Плотность тока, А/м ²	100	150	200	250
Извлечение меди, %	82,3	85,7	83,6	85,6

Повышение плотности тока не оказало влияния на величину извлечения меди. Однако наблюдалось повышение содержания никеля и железа в осадке: При анализе осадка обнаружено, что он на 70% состоит из меди, а 30 % - железо и никель.

Таким образом, выявлено последовательное образование двух типов осадков – обогащенного медью и обогащенного никелем и железом.

Можно предположить, что увеличение площади катода должно положительно отразиться как на скорости электролиза, так и на полноте осаждения меди.

Данная работа является перспективной, поскольку проблема переработки маточных растворов актуальна для многих предприятий.

Библиографический список

1. Лолейт С.И., Стрижко Л.С. Извлечение благородных металлов из электронного лома // М.: Издательский дом «Руда и металлы». 2009, 156 стр.
2. Чернюк А.О., Червоный И.Ф., Грицай В.П., Чернюк О.В. Извлечение драгоценных металлов из лома радиоэлектронной аппаратуры (<http://www.sworld.com.ua/konfer22/166.htm>)
3. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы / Под ред. Ю. А. Карпова. – М.: Госкомдрагмет. Гиналмаззолото, 1996, 290 с.
4. Посыпайко В.И., Васина Н. А. Аналитическая химия и технический анализ. М.: изд. «Высшая школа», 1979 г, 348 с.

ТЕРМОДИНАМИКА ОСНОВНЫХ РЕАКЦИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА

Жуков В.П.¹, Слинкин И.В.²

¹д.т.н., профессор кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург, E-mail: zhukov.v.p@mail.ru

²магистрант 1-го года обучения кафедры МТЦМ УрФУ, г. Екатеринбург, E-mail: slinkin@planet-a.ru

В настоящее время на медеплавильные предприятия Уральского региона поступают труднообогатимые полиметаллические концентраты с высоким содержанием меди, свинца, цинка, благородных металлов следующего химического состава, %, по массе: Cu 12-15; S до 35; Fe 18-24; Zn 9-22; Pb 12-25; As 0.2-0.7; Sb 0.1-2.0; SiO₂; CaO 0.3-2.0; MgO 0.5-2.0; Al₂O₃ 0.9-1.8; Au 2.2-30 г/т; Ag 460-2600 г/т. Наличие высокопроизводительных агрегатов автогенной плавки (Печь Ванюкова, ОАО «СУМЗ», СПК, ОАО «ММСК») предполагают возможность применения данных технологических процессов для комплексной переработки этого вида сырья.

С целью оценки последовательности химических превращений между компонентами концентрата, флюсов и клинкера цинкового производства выполнен термодинамический анализ по определению наиболее вероятных химических реакций, протекающих в системе "Концентрат-флюс-клинкер". Расчет изменения свободной энергии Гиббса осуществляли при двух значениях температур, характерных для твердого и жидкого состояний с использованием компьютерной программы HSC-4 [1]. Результаты расчетов представлены в таблице. Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что наиболее вероятен процесс перевода цинка в возгоны в присутствии железа и углерода клинкера с наведением шлака на основе фаялита и железо-кальциевого силиката (реакция 5). Перспективен процесс обеднения шлака, находящегося в контакте с богатым штейном, клинкером при наведении феррито-кальциевых шлаков, позволяющих концентрировать цинк и свинец в возгонах (реакция 16).

Таблица - Изменение свободной энергии Гиббса при различной температуре

№	Реакция
1	$3\text{ZnS} + \text{SiO}_2 + 4\text{O}_2 = \text{Zn} + \text{Zn}_2\text{SiO}_4 + 3\text{SO}_2$
2	$3\text{ZnS} + \text{SiO}_2 + 5\text{O}_2 + \text{C} = \text{Zn}(\text{r}) + \text{Zn}_2\text{SiO}_4 + 3\text{SO}_2 + \text{CO}_2$
3	$\text{ZnS} + \text{SiO}_2 + 3\text{O}_2 + 2\text{Fe} + \text{C} = \text{Zn}(\text{r}) + \text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{SO}_2 + \text{CO}_2$
4	$\text{ZnS} + 3\text{SiO}_2 + 3.5\text{O}_2 + 3\text{Fe} + \text{C} + \text{CaO} = \text{Zn}(\text{r}) + \text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$
5	$\text{ZnS} + 4\text{SiO}_2 + 7\text{O}_2 + 4\text{Fe} + \text{C} + \text{CaO} + \text{FeS} + \text{Cu}_2\text{S} = \text{Zn}(\text{r}) + 2\text{Fe}_2\text{SiO}_4 + 3\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2 + \text{Cu}_2\text{O}$

- 6 $3\text{ZnS} + 9\text{O}_2 + 2\text{Fe} + \text{C} + 4\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{FeS} + \text{Cu}_2\text{S} = \text{Zn}(\text{r}) + \text{Fe}_2\text{SiO}_4 + \text{Cu}_2\text{O} + 5\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2 + \text{Zn}_2\text{SiO}_4$
- 7 $\text{ZnS} + 1.5\text{O}_2 = \text{ZnO}(\text{r}) + \text{SO}_2$
- 8 $\text{ZnS} + 1.5\text{O}_2 = \text{ZnO} + \text{SO}_2$
- 9 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} = 2\text{Zn}(\text{r}) + \text{SO}_2 + 2\text{Cu}$
- 10 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 2\text{Fe} + 2\text{O}_2 = 2\text{Zn}(\text{r}) + \text{SO}_2 + 2\text{Cu} + 2\text{FeO} + \text{CO}_2$
- 11 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 3\text{Fe} + 3.5\text{O}_2 + \text{CaO} + 2\text{SiO}_2 = \text{Zn}(\text{r}) + \text{SO}_2 + 2\text{Cu} + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$
- 12 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 6\text{Fe} + 6.5\text{O}_2 + 2\text{CaO} = \text{Zn}(\text{r}) + \text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
- 13 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 7\text{Fe} + 7\text{O}_2 + 3\text{CaO} + 2\text{SiO}_2 = \text{Zn}(\text{r}) + \text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$
- 14 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 8\text{Fe} + \text{FeS} + \text{ZnS} + 10\text{O}_2 + 3\text{CaO} + 3\text{SiO}_2 = 2\text{Zn}(\text{r}) + 3\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaFe}(\text{SiO}_3)_2$
- 15 $\text{PbS} + 1.5\text{O}_2 = \text{PbO} + \text{SO}_2$
- 16 $\text{PbS} + 1.5\text{O}_2 = \text{PbO}(\text{r}) + \text{SO}_2$
- 17 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 7\text{Fe} + \text{FeS} + \text{ZnS} + 3\text{PbS} + 12\text{O}_2 + 2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = 2\text{Zn}(\text{r}) + 5\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{Pb}(\text{r}) + \text{PbS}(\text{r}) + \text{PbO}(\text{r})$
- 18 $2\text{ZnO} + \text{Cu}_2\text{S} + \text{C} + 7\text{Fe} + \text{FeS} + \text{ZnS} + 5\text{PbS} + 15\text{O}_2(\text{r}) + 2\text{CaO} + 2\text{SiO}_2 = 2\text{Zn}(\text{r}) + 7\text{SO}_2 + \text{CO}_2 + \text{ZnFe}_2\text{O}_4 + \text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{Pb}(\text{r}) + \text{PbS}(\text{r}) + \text{PbO}(\text{r}) + \text{Pb}_2\text{SiO}_4$

Для более полного перевода летучих компонентов сырья в возгоны целесообразна организация восстановительных условий в печи. Поэтому возможен периодический процесс, включающий отдельные стадии окисления и обработки первичного шлакового расплава восстановителем (клинкером). Рекомендации по оптимальным режимам плавки, обеспечивающих селективный перевод летучих компонентов сырья в возгоны или шлак могут быть сформулированы после исследования кинетических закономерностей процессов возгонки, ошлакования и проведения предварительных технико-экономических расчетов.

Библиографический список

1 . Outokumpu HSC Chemistry / Chemical Reaction ad Equilibrium Software With Extensive Thermochemical Database// Outokumpu Research Of Information Service. P.O. Box 60. Finland, 28101. PORI. 1997.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СУХУЮ ГАЗООЧИСТКУ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДАХ

Баранов А.Н.¹, Солошенко Н.В.²

¹профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranow@mail.ru.

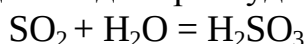
²аспирантка Братского государственного университета г. Братск, e-mail: cygankova.nad@mail.ru.

За последнее десятилетие произошли большие изменения в алюминиевой промышленности, связанные с производством алюминия в электролизерах с самообжигающимися анодами. Воздействия алюминиевых заводов на окружающую среду определяются техническим уровнем производства. Поэтому решение экологических проблем напрямую связано с техническим совершенствованием действующего производства. Переход на кислые электролиты ($KO = 2,4-2,5$) и нефтяной кокс с повышенным содержанием серы привел к изменению состава газов, эвакуируемых из корпусов электролиза. Концентрация HF и SO_2 в газах, поступающих на газоочистку, увеличилась соответственно до $500-800 \text{ мг/нм}^3$ (HF) и $400-850 \text{ мг/нм}^3$ (SO_2) против 300 мг/нм^3 , заложенных в проектах газоочистных установок заводов. Что привело к увеличению расхода кальцинированной соды для приготовления газоочистных растворов, выпуска регенерационного криолита, концентрации соды в растворах, подаваемых на газоочистку, и накоплению сульфата натрия в газоочистных растворах до размеров грозящих парализовать работу всей системы очистки газов и, как следствие, электролиза алюминия.

Использование сульфатсодержащего криолита в процессе электролиза алюминия приводит к дополнительному расходу соды на газоочистке, защелачиванию электролита и, как следствие, увеличению потребления AlF_3 , снижению выхода по току за счет окисления металлического алюминия [1].

В случае перевода газоочистки электролизного производства с мокрой схемы на сухую существенно изменится работа цехов по производству фтористых солей (ЦПФС). Тогда неизбежна перспектива «мокрых хвостов», со всеми вытекающими негативными последствиями: приготовлением содового раствора, эксплуатация абсорбционных установок, растворопроводов, шламовых полей, необходимость вывода сульфата натрия. На территории Братского района находятся на расстоянии 7 км друг от друга БрАЗ и Братский лесопромышленный комплекс (БЛПК). На БЛПК для отбеливания целлюлозы применяют сернистую кислоту. Для этого предлагается вместо содовых растворов, после сухой газоочистки, в пенные аппа-

раты подавать воду при температуре 15-20 °С. В результате при поглощении диоксида серы будет образовываться сернистая кислота [2].



Большинство абсорбционных установок на отечественных алюминиевых заводах оборудовано пенными аппаратами или полыми скрубберами. Выбор в пользу данных типов оборудования продиктован вовсе не стремлением к повышению эффективности очистки газов. Определяющим критерием здесь являются минимальные затраты на эксплуатацию и обслуживание. Предпочтение данным типам распыляющих устройств опять же отдано не по соображениям эффективности диспергирования раствора, а благодаря их способности к длительной и бесконтрольной эксплуатации. Действительно эффективное улавливание вредных примесей можно достичь в абсорбционных аппаратах. Эти установки имеют достаточно сложную конструкцию и требуют повышенного внимания при эксплуатации но они позволяют провести эффективную очистку сернистых газов после сухой газоочистки. В связи с этим представляет интерес провести расчет абсорбционной колонны для существующих параметров работы пенных аппаратов на Братском алюминиевом заводе.

На основании указанных параметров был подобран и рассчитан [3] абсорбционный аппарат, орошаемый водой: $V_{\text{газа}} = 115150 \text{ м}^3/\text{ч}$; $t = 20^\circ\text{С}$; концентрация на входе в аппарат $C = 2,227 \text{ мг/м}^3$, $P = 1,2 \text{ атм}$. При степени поглощения $\eta = 0,80$ необходим абсорбер диаметром 2,8 м и высотой 9,6 м. Полученные параметры абсорбера значительно выше применяемых в настоящее время для хемосорбции кальцинированной содой пенных аппаратов. Снижение габаритов абсорбера возможно путем снижения температуры воды с 20 до 0 °С. Растворимость диоксида серы в воде возрастает в 2 раз, что позволит снизить габариты абсорбера в 2 раза и они по своим размерам сопоставимы с применяемым в настоящее время для хемосорбции пенных аппаратов. Проведенные расчеты показали, что возможно использование существующего оборудования газоочистки в производстве алюминия для производства сернистой кислоты и использования ее на предприятиях по химической переработке древесины. Для решения вопросов коррозионной устойчивости оборудования возможно применения ингибиторов коррозии синтезированных на основе оксазолидинов, либо изготовление оборудования из титана или нержавеющей стали.

Библиографический список

1. Куликов Б.П., И. А. Тарасов. Сера в производстве алюминия. Цветные металлы. 2006.- №9. – С.65-70.
2. Баранов А.Н. Техничко-экономические и экологические аспекты извлечения серы в производстве алюминия: монография А.Н. Баранов, Н.И. Янченко, Е.А. Гусева– Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – 108 с.
3. Ульянов Б.А., Бадеников В.Я., Ликучев В.Г. Процессы и аппараты химической технологии - Ангарск: Издательство АГТА, 2006 – 743с.

КОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

А.Н. Баранов¹, Д.В.Нупрейчик²

¹ д. т. н., профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranow@mail.ru

² магистр кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nup-dasha@yandex.ru

Трансформаторные масла нефтяные или синтетические масла, применяемые в качестве электроизолирующей и теплоотводящей среды в трансформаторах и другом маслonaполненном электрооборудовании, а также в масляных выключателях (только нефтяные) для гашения электрической дуги при отключении тока. Основная доля трансформаторных масел приходится на масла нефтяные. Трансформаторные масла получают очисткой соответствующих нефтяных дистиллятов с помощью селективных растворителей (фенола, фурфурола), серной кислоты, адсорбентов или гидрированием [1].

Наиболее важное свойство трансформаторных масел - стабильность против окисления, т.е. способность масла сохранять параметры при длительной работе. Все трансформаторные масла, выпускаемые в России, странах СНГ, а также импортные, поставляемые в Россию, должны содержать антиокислительную присадку 2,6-дитребуил-4-метилфенол (фирменные названия - агидол-1, ионол, керобит, тотанол-0, ДБПК и др.). Эффективность присадки основана на ее способности взаимодействовать с активными пероксидными радикалами, которые образуются при цепной реакции окисления углеводородов и являются основными ее носителями. Трансформаторные масла, ингибированные антиокислительной присадкой, окисляются, как правило, с ярко выраженным индукционным периодом [2].

В первый период трансформаторные масла, восприимчивые к присадкам, окисляются крайне медленно, так как все зарождающиеся в объеме масла цепи окисления обрываются ингибитором окисления. После истощения присадки масло окисляется со скоростью, близкой к скорости окисления базового масла. Действие присадки тем эффективнее, чем длительнее индукционный период окисления масла, и эта эффективность зависит от углеводородного состава масла и наличия примесей неуглеводородных соединений, промотирующих окисление масла (азотистых оснований, нафтенных кислот, кислородсодержащих продуктов окисления масла) [3].

Срок службы трансформаторов определяется десятками лет. В связи с этим вопросом защиты от коррозии черных и цветных металлов, находящихся в среде трансформаторного масла, уделяется большое внимание. В трансформаторостроении применяются углеродистая и кремнистая стали,

медь, алюминий, бронза, медно-фосфористый и оловянно-свинцовый сплавы. Для покрытия черных и цветных металлов используют цинк, олово, кадмий, никель и хром.

Коррозия металлов в среде трансформаторного масла, прежде всего, приводит к образованию мыл органических кислот, которые ускоряют окисление масла и обуславливают рост диэлектрических потерь.

Коррозионная агрессивность трансформаторных масел, не содержащих сернистых соединений, существенно зависит от особенностей углеводородного состава масел.

Особо стоит вопрос о допустимой концентрации серы в трансформаторных маслах. Известно, что некоторые сернистые соединения являются ингибиторами окисления и пассиваторами металлов.

Выделенный из дистиллята концентрат сернистых соединений, содержащий сульфиды, обладает ингибирующим действием. Фракции сераорганических соединений, не содержащих сульфиды, не являются ингибиторами.

Метод DIN 51353 для обнаружения коррозионной серы. Метод с применением серебряной полоски. Настоящий стандарт устанавливает метод обнаружения таких количеств коррозионной серы, которые отрицательно воздействуют на работу электрооборудования. Применительно к данному стандарту сера и ее соединения классифицируют как коррозионные, если в условиях данного метода испытания они вызывают видимое изменение цвета серебряной полоски, образуя сульфид серебра. Сущность метода заключается в том, что серебряную полоску выдерживают в изоляционном масле в течение 18 ч при температуре 100 °С и затем проверяют на изменение цвета поверхности. Изоляционное масло можно считать свободным от коррозионной серы, если оно вызывает заметное изменение цвета серебряной полоски в условиях данного метода испытания. Термические напряжения, действующие на серебряную полоску в испытании, могут, однако, дать очень слабое золотисто-желтое окрашивание. Этим можно пренебречь. Изоляционные масла, содержащие коррозионную серу, изменяют цвет серебряной полоски от светло-серого или коричневого цвета до ярко-серого или черного [4].

Библиографический список

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И., Трансформаторное масло, 3 изд., М., 1983;
2. Товарные нефтепродукты, их свойства и применение, под ред. Н. Г. Пучкова, М., 1971;
3. Шахнович М. И.; Справочник под ред. В.М. Школьников, Топлива. Смазочные материалы. Технические жидкости, М., 1999;
4. Немецкий стандарт DIN 51353.

РЕЗЕРВЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

И.А.Сысоев¹, В.А.Ершов², Е.С.Кошелев³, А.А.Ермаков⁴

¹к.т.н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, энергетического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ivansys@istu.edu

²к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v.ershov@mail.ru

³студент гр. АТП-10-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: isabel.6@mail.ru

⁴студент гр. АТП-10-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: isabel.6@mail.ru

При проектировании новых и модернизации действующих алюминиевых электролизеров большое значение имеют данные по их электрическим балансам, позволяющие оценить как энергетическую эффективность ванн в целом, так и по отдельным статьям баланса и определить резервы для снижения удельного расхода электроэнергии.

Отметим, что производство алюминия является чрезвычайно энергоемким процессом, поэтому вопросы рационального расходования электроэнергии в связи с расширением производства и увеличением единичной мощности электролизеров являются приоритетной задачей.

В данной работе рассмотрены возможные пути снижения среднего напряжения с целью снижения удельных затрат на тонну производимого алюминия.

Высокое значение потерь напряжения в анодном устройстве может быть связано со следующими факторами:

плохим качеством сварных соединений анодной ошиновки;

повышенными потерями в контакте «анодная шина-штанга», что при нормативе в 10 мВ дает резерв от 20-40 мВ. Снижение потерь в этом контакте возможно с установлением контроля качества анодных штанг и более лучшей зачисткой контакта;

повышенными потерями в контакте «ниппель-анод». Учитывая, что возможно достижение при соответствующем улучшении качества заливки величин в 100-120 мВ (резерв 40-100 мВ). Такую величину может обеспечить специальная зачистка ниппелей пескоструйными аппаратами перед заливкой чугуном. Кроме того, снижение потерь в контакте до 90 мВ возможно с применением модифицированных составов чугуна.

Большое значение потерь напряжения в угольной части анода может быть связано главным образом с неудовлетворительным качеством анодных блоков в основном китайского производства. За счет улучшения каче-

ства анодов эту величину можно снизить до 200-220 мВ, при этом резерв может составлять от 40 до 100мВ.

Повышенные значения потерь напряжения в катодном устройстве могут быть обусловлены:

- плохим качеством сварных соединений шин;
- катодными блоками ненадлежащего качества;

оксидной пленкой на бляшках, которую можно зачистить с помощью пескоструйных аппаратов перед заливкой чугуном или использованием электропроводных углеродистых паст, а также применением новых типов контактов «блэмс - катодная шина».

Перепад напряжения в подине, может составлять величину равную 200 мВ. Эта величина обычно зависит от срока службы электролизера и от типов конструкции производителей катодных угольных блоков. Резерв может составлять до 100мВ. Наименьших потерь напряжения в электролите можно достичь за счет контроля и управления химическим составом электролита и поддержания оптимальной формы рабочего пространства электролизера – для улучшения токораспределения по бляшкам и устранения появления горизонтальных токов.

Таким образом, в результате вышеизложенных методов можно снизить среднее напряжение от 100 до 200 мВ. Оценим снижение удельных затрат на производство тонны алюминия, приведем экономическое обоснование на примере электролизера с параметрами: сила тока $I = 300\text{кА}$, среднее напряжение $U_{\text{ср}} = 4,3\text{В}$, производительностью $P = 2270\text{ кг/сутки}$, выход по току $\eta = 0,94$ дол.ед. Тогда за год один электролизер позволяет получить: $2,270 \cdot 365 = 828,5\text{ т Al/год}$; Отсюда удельный расход электроэнергии до принятия мероприятий составит:

$$W_1 = \frac{U_{\text{ср}} \cdot 1000}{0,336 \cdot \eta} = \frac{4,3 \cdot 1000}{0,366 \cdot 0,94} = 13614,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т Al}$$

А с принятием мер по энергосбережению:

$$W_2 = \frac{4,150 \cdot 1000}{0,366 \cdot 0,94} = 13140 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т Al}$$

Тогда снижение удельного расхода электроэнергии с учетом всех мероприятий составит:

$$\Delta W = 474,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т Al}$$

Примем для расчетов, что стоимость 1кВт = 1рубль, тогда с каждой тонны алюминия можно сэкономить 474,5 рубля. При производительности 828,5 тонн Al в год, один электролизер даст экономию приблизительно в 393125 рублей.

Исследования проведены при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-7534.2013.8.

О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАРБОНИТРИДА ХРОМА В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА АЗОТА

Л.С. Ширяева¹, И.В. Ноздрин²

¹аспирант кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии СибГИУ, г. Новокузнецк, E-mail: kafcmets@sibsiu.ru

²докторант кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии, к.т.н., доцент СибГИУ, г. Новокузнецк, E-mail: kafcmets@sibsiu.ru

Введение в обращение карбида хрома – твёрдого, износостойкого, химически инертного материала, востребованного для изготовления защитных покрытий металлов и керметов, в качестве компонентов и легирующих добавок безвольфрамовых твёрдых сплавов – в наносостоянии открывает новые направления его применения, в том числе для гальваники, поверхностного и объёмного модифицирования металлических сплавов и полимеров.

Для формирования наиболее полного представления о процессах синтеза карбонитрида хрома необходимо определить механизм его образования посредством комплексного исследования, включающего термодинамику карбонитридообразования, сам синтез и идентификацию получаемых продуктов. При термодинамическом моделировании карбидообразующих систем установлено, что образование карбонитрида предположительно может происходить с участием хрома конденсированного и циановодорода по механизму «пар – расплав – кристалл». При экспериментальных исследованиях установлено, что продуктом карбидизации хрома в области температур (2200 – 2000) К является карбонитрид состава $\text{Cr}_3(\text{C}_{0,8}\text{N}_{0,2})_2$. Исследование температурной зависимости состава газообразных и твёрдых продуктов синтеза, основано на зондовом отборе проб конденсата и газовой фазы из различных зон реактора. Состав газообразных продуктов синтеза исследовался с помощью хроматографического анализа. Твёрдые продукты синтеза исследовались рентгеновским методом и о соотношении фаз судили по относительной интенсивности характерных линий. Анализируя полученные результаты и морфологические особенности наноразмерных порошков карбонитрида хрома, осаждаемых в виде частиц шаровидной формы, представляется целесообразным выделить в плазменном потоке пространственно разделённых зон. В первой температурной зоне (5400–5000К) протекают следующие обеспечивающие формирование реакционной смеси необходимого состава процессы: испарение хрома, пиролиз метана, «газификация» углерода в циановодород. Во второй (2800 – 2000 К) можно предполагать протекание процессов образования карбонитрида хрома при кристаллизации расплавов хром – углерод, образующихся при науглероживании циановодородом металлического аэрозоля, формирующегося при объёмной конденсации паров хрома. Наряду с этим в рассмат-

риваемой зоне на поверхности сформировавшихся наночастиц карбонитрида хрома активно протекают сорбционные процессы, приводящие к поверхностному насыщению их технологическими газами и газообразными продуктами синтеза.

СУШКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ В УСЛОВИЯХ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

А.Т.Хафизов¹, В.Г.Лобанов²

¹ магистрант гр. МтМ -120303, института материаловедения и металлургии, кафедры металлургии тяжелых цветных металлов ФГАОУ ВПО УРФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, e-mail: chokavo@list.ru

² к.т.н., профессор кафедры металлургии тяжелых цветных металлов ФГАОУ ВПО УРФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, г. Екатеринбург, e-mail: lobanov-vl@yandex.ru

Решающим условием снижения себестоимости продукции служит непрерывный технический прогресс. Внедрение новой техники и совершенствование технологии, позволяют значительно снизить себестоимость продукции.

Правильная и рациональная подготовка шихты позволяет существенно улучшить показатели плавки. В связи с высоким значением пылевых носов, при сушке в сушилках, отапливаемых топочными газами, необходима отлаженная работа системы пылеулавливания.

С развитием науки и совершенствованием технологии на смену обычным методам сушки приходят инновационные и более перспективные. Одним из таких методов является сушка в условиях микроволнового (сверхвысокочастотного – СВЧ) излучения.

Микроволновый способ нагрева получает все более широкое применение в промышленности, и характеризуется следующими преимуществами:

- Отсутствие процесса теплообмена - передача теплоты от нагревателя к объекту, так как источником тепла является сам объект.
- Равномерность нагрева.
- Безынерционность процесса.
- Избирательность нагрева.

В лабораторных условиях была проведена серия опытов по оценке возможности процесса сушки концентрата в условиях сверхвысоких частот. В качестве лабораторной установки для сушки использовалась бытовая СВЧ печь. В качестве объекта сушки был использован флотационный медный концентрат Сафьяновского месторождения.

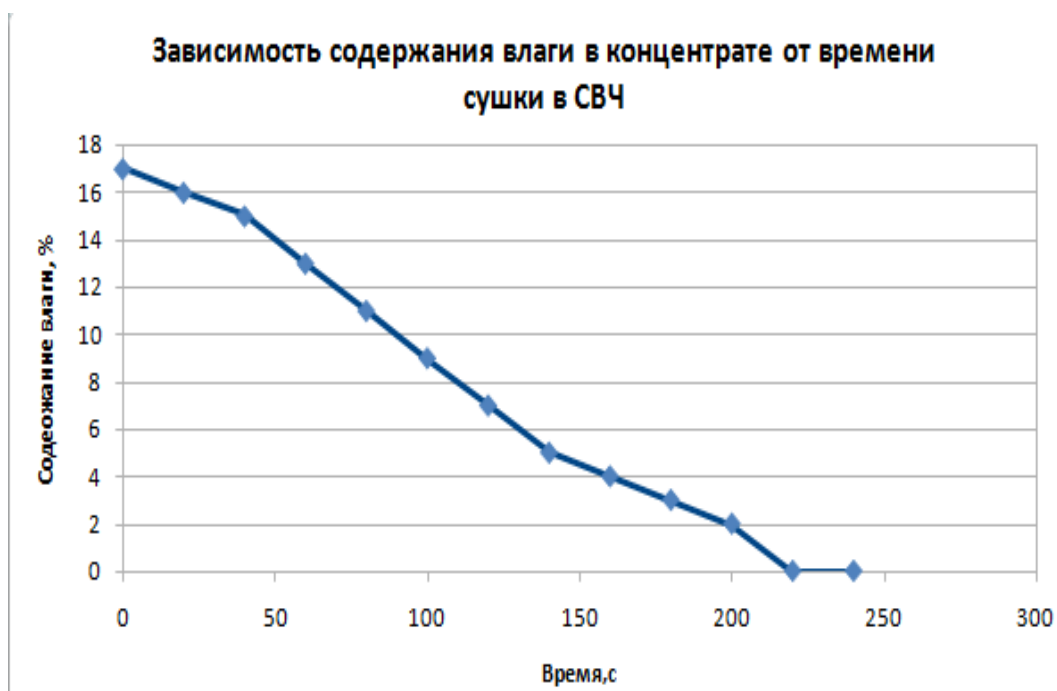


Рисунок 1 – Зависимость содержания влаги в концентрате от времени сушки

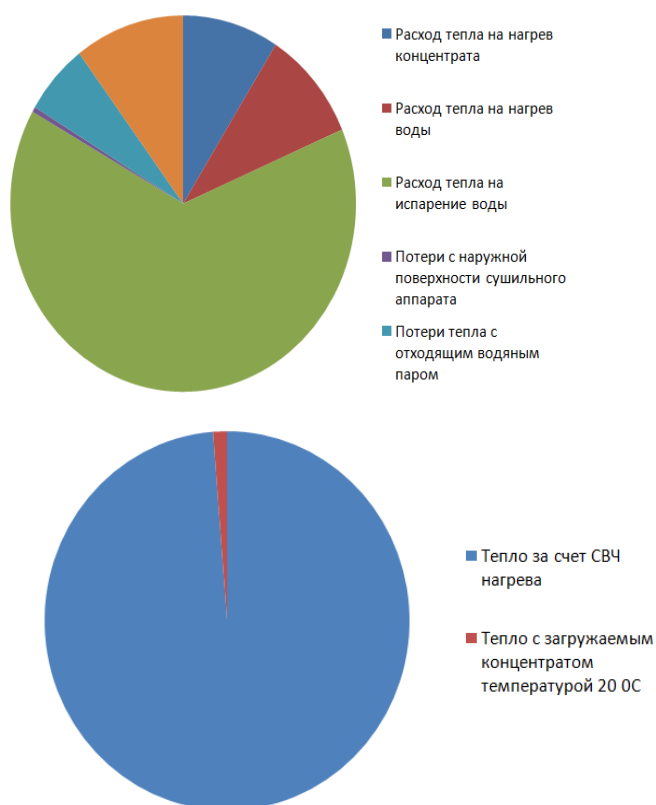


Рисунок 2 – Статьи прихода и расхода тепла процесса СВЧ – сушки концентрата.

На основании полученных результатов были выполнены необходимые расчеты, спроектирована сушильная установка, и предложены соответствующие условия сушки концентрата.

На рисунке 1 представлен график зависимости содержания влаги в концентрате от времени сушки в СВЧ - печи.

В работе выполнены расчеты теплового и материального балансов процесса сушки.

На рисунке 2 изображены приходные и расходные статьи тепла СВЧ – сушки концентрата.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В УРФУ

Ребрин О.И.¹, Мамяченков С.В.²

¹д.х.н., профессор, директор высшей инженерной школы УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail oirebrin@gmail.com

²д.т.н., профессор кафедры металлургии тяжелых цветных металлов УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail svmamyachenkov@yandex.ru

Общемировой тенденцией в развитии профессионального образования в настоящее время является перевод компоненты, связанной с профессиональными знаниями, в образовательные структуры крупных корпораций. Причиной этого является стремительный научно-технический прогресс, приводящий к быстрой смене используемых в производстве технологий и конкурентная ситуация, замыкающая знания и информацию в пределах компаний. Российские учебные заведения задачу подготовки и переподготовки кадров в области подготовки технических работников и инженерно-технического персонала решают в настоящее время неудовлетворительно. Система высшего образования России перешла на двухуровневую систему подготовки: бакалавр-магистр, поэтому обучение должно проходить по модернизированным учебным планам на основе новых федеральных образовательных стандартов. Однако, поскольку этот переход реализуется поспешно и не обеспечен в должной мере финансовыми, кадровыми и методическими ресурсами, в перспективе можно ожидать не повышения, а снижения качества подготовки выпускаемых из стен вузов специалистов. Практически все выпускники нуждаются в овладении конкретными специальными компетенциями, что требует временных (до 1 года) и финансовых затрат компании (до 200 тыс. рублей на одного выпускника) на адаптацию к условиям конкретного производства.

Для крупных вертикально интегрированных компаний, таких как Уральская горно-металлургическая компания (УГМК), создание в рамках частно-государственного партнерства собственных образовательных структур может явиться не только конкурентным преимуществом, но и насущной необходимостью, решающей задачи кадровой безопасности компании в стратегическом горизонте развития. При этом созданная система

должна не только обеспечивать образовательный заказ, но и быть конкурентоспособной на российском рынке образовательных услуг в области технического образования.

Стратегической целью создания (в тесном партнерстве с УрФУ) «Технического университета УГМК» является создание целостной корпоративной системы непрерывного профессионального обучения персонала компании. Университет призван быть центральным элементом построения системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров всех уровней для нужд компании.

Принципами деятельности Технического университета УГМК являются:

- ориентация на лучшие образовательные технологии и материально-техническое обеспечение, имеющиеся в мировой практике;

- частно - государственное партнерство в финансировании закупок оборудования и создания условий функционирования технического университета;

- связь образовательного и производственного процессов, обучение на реальных рабочих местах и постановка практически востребованных учебно-технологических задач;

- объединение образовательных ресурсов учреждений профессионального образования (методической и лабораторной базы, лицензий, преподавателей) - стратегических партнеров Технического университета.

Разработанная основная образовательная программа (ООП) производственно-технологического бакалавриата по направлению «Металлургия» УрФУ-УГМК направлена на подготовку инженерно-технических работников уровня младшего и среднего звена (мастер, инженер-технолог) для кадрового обеспечения металлургических производств Уральской горно-металлургической компании.

Особенностью программы является выраженная практико-ориентированность процесса обучения. Увеличенный объем производственных практик, перенос части образовательного процесса на территорию предприятий компании дает возможность обучающимся последовательно овладеть необходимым уровнем квалификации, начиная с рабочих профессий, обеспечивает включение выпускников в производственный процесс без дополнительного переобучения. Вместе с тем, программа предполагает фундаментальную подготовку по естественно-научным и общеинженерным дисциплинам достаточную для продолжения обучения по программам технологической магистратуры.

При построении ООП реализована принципиально новая модульная система организации учебного процесса с делением на следующие тесно взаимосвязанные модули: естественнонаучный, математический, гуманитарный, общеинженерный, введение в инженерию, металлургические технологии и специальный. Впервые в практику подготовки металлургов вве-

ден производственно-технологический модуль, включающий длительные практики на предприятиях УГМК с освоением рабочих специальностей.

Приоритет активных методов обучения и включение в программу междисциплинарных проектов обеспечивает формирование у выпускников программы, наряду с профессиональными компетенциями, осознанного умения работать в команде и необходимых лидерских качеств.

При проектировании образовательной программы и реализации обучения использованы лучшие мировые практики подготовки специалистов в области техники и технологий (рамочные стандарты EUR-ACE, стандарты CDIO, методология LOLA), передовой отечественный опыт и собственные разработки.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ «АУСМЕЛТ» С УЧЕТОМ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ГОКА «ЭРДЭНЭТ» (МОНГОЛИЯ)

Д. Эрдэнэбаатар¹, С.С. Набойченко², В.П. Жуков³

¹магистрант гр. МТМ-210303, кафедра МТЦМ института металлургии и материаловедения УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: derka@erdenetmc.mn

²член-кор. РАН, профессор кафедры МТЦМ института металлургии и материаловедения УрФУ, г. Екатеринбург

³профессор кафедры МТЦМ института металлургии и материаловедения УрФУ, г. Екатеринбург, e-mail: zhukov.v.p@mail.ru

Применительно к медному концентрату ГОКа «Эрдэнэт» (Монголия) следующего химического состава, %, по массе: Cu 23-25; Mo <0.15; Fe 25-30; S 35-38; Zn <0.7; Pb <0.07; As <0.3; Sb <0.05; Ag 50-80 г/т; Au 0.1-0.3 г/т; Se 50-80 г/т; Te 6.5-8.5 г/т; Ni 0.006; Bi <0.01; SiO₂ 6-8; Mg <0.9; Ca <0.9; Cd 0.001; влажность <9.8. Составлены материальный и тепловой балансы процесса, определены условия автогенной и п/автогенной плавки. Разработана в среде табличного процессора «Excel» детерминированная математическая модель технологии «Аусмелт». Выполнен численный эксперимент по варьированию состава шихтовых материалов, расхода и состава дутья на выход и состав продуктов плавки.

Проведена оценка полноты разделения фаз во внешнем отстойнике: миксер и электропечь. В зависимости от стоимости энергоресурсов и с учетом зарубежного опыта, рекомендован агрегат для разделения фаз.

Получена прогнозирующая модель, позволяющая определить извлечение металлов в целевой продукт.

Выполнена технико-экономическая оценка различных альтернативных вариантов автогенной плавки: «Плавка во взвешенном состоянии», «Эл-Тениенте».

Сформулировано предположение о целесообразности использования технологии «Аусмелт» для переработки концентрата ГОКа «Эрдэнэт» (Монголия).

ПЕРЕРАБОТКА СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ ДУКАСКОГО ГОКА

С. И. Голубцов¹, А.В.Никаноров²

¹студент гр. МЦ-10, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: maf-russian@yandex.ru

²к.т.н., доцент кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nikanoroff@list.ru

В мировой практике существуют два основных способа извлечения благородных металлов из серебрясодержащих концентратов: пирометаллургический и гидрометаллургический.

Применительно к серебрясодержащим флотоконцентратам Дукатского ГОКа эффективность указанных способов невысока. Это связано с вещественным составом концентрата, который не представляет ценности для заводов цветной металлургии и является упорным для цианирования.

Многочисленными исследованиями установлено, что цианистое выщелачивание богатых серебрясодержащих концентратов требует более высоких эксплуатационных затрат по сравнению с цианированием золотосодержащих продуктов. Это вызвано тем, что для растворения серебрясодержащих минералов требуется, чтобы концентрация цианида в технологических растворах была в 10-12 раз выше оптимальной для золотосодержащих руд (0,2-0,6% против 0,02-0,05%).

Пирометаллургический способ переработки серебрясодержащих концентратов на заводах цветной металлургии СССР был утверждён, в своё время, волевым решением Минцветмета. При этом концентраты могут использоваться в качестве кислых флюсов при конвертировании медных штейнов или шахтной плавке свинцовых концентратов. В процессе переработки благородные металлы коллектируются штейном или черновым свинцом и извлекаются при их рафинировании.

К общим недостаткам пирометаллургии серебра на заводах цветной металлургии следует отнести:

- высокие транспортные расходы, связанные с доставкой тысяч тонн концентрата из Магаданской области в Центральные районы России или Казахстан, которые оплачиваются производителем;

- поставляемые концентраты по минеральному составу не соответствуют требованиям технических условий на стандартные кислые флюсы, к тому же для медеплавильных заводов в концентрате мало меди и

кремнезёма, зато слишком много свинца и цинка. Для свинцового производства наоборот – мало свинца, но много цинка и меди.

Всё это оказывает отрицательное влияние на производительность металлургических агрегатов основного производства и заставляет переработчиков, для компенсации своих затрат, увеличивать стоимость переработки. Сквозное извлечение благородных металлов не превышает 93-95%.

На наш взгляд, вопрос о рациональных способах переработки флотационных концентратов Дукатского ГОКа необходимо решать с позиций комплексного использования сырья, то есть в основу технологических схем должны быть заложены процессы и режимы, обеспечивающие максимальное извлечение не только благородных, но и цветных металлов.

Наиболее перспективной в современных условиях следует признать комбинированную обогатительно-металлургическую схему переработки, которая предусматривает в голове процесса разделение концентрата основной флотации на два товарных продукта. При этом получаемые концентраты по вещественному составу соответствуют требованиям различных металлургических процессов.

В частности:

- в гидрометаллургии наилучшие технико-экономические показатели достигаются при работе с серебросодержащими концентратами, максимально очищенными от сульфидов цветных металлов и углистых веществ;
- наиболее эффективно цианирование протекает при содержании серебра во флотоконцентрате порядка 4-6 кг/т, в товарном же продукте Дукатского ГОКа его содержание в два-три раза превышает оптимальные для гидрометаллургии значения;
- для повышения экономической эффективности пирометаллургических способов переработки желательнее, наоборот, увеличение содержания благородных металлов в концентрате; в этом случае значительная сульфидная минерализация серьезного влияния на технологию процесса не оказывает.

На основании большого объема исследовательских работ, выполненных в университете, было установлено, что наиболее технологически и экологически приемлемым процессом, позволяющим максимально извлекать благородные и цветные металлы из высококачественных серебросодержащих концентратов, является электроплавка на внутренний коллектор. Согласно предлагаемой технологии процесс получения черного серебряно-золотого сплава включает две основные операции: окислительно-восстановительный обжиг концентрата и электроплавку полученного огарка с использованием кальцинированной соды в качестве флюса.

Разработанная технология является универсальной и позволяет перерабатывать концентраты различного вещественного состава, в том числе с повышенным содержанием мышьяка и сурьмы. Проведение обжига концентрата в окислительно-восстановительном режиме дает возможность:

- избежать штейнообразования в процессе плавки;

- снизить потери со шлаком металлов-коллекторов (свинца и меди);
- восстановить оксид железа (III) до оксида железа (II), что обеспечивает создание легкоплавкого шлака.

СЕКЦИЯ № 2

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

РАЗРАБОТКА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА УЧЕБНОГО СТЕНДА

Ершов П.Р.¹, Холкин С.И.², Мальчихин А.С.³, Гага Е.И.⁴

¹ к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ

² к.т.н., старший научный сотрудник, генеральный директор ООО «Тонар»

^{3,4} студенты группы АТП-09-1

На кафедре АПП было предложено разработать учебные стенды на базе современного оборудования компании ОВЕН. На данных стендах студенты смогут закрепить полученные теоретические знания по таким дисциплинам как теория автоматического управления, информационно-измерительные устройства систем управления, программирование и основы алгоритмизации.

Состав стенда:

ОВЕН ПЛК 154(программируемый логический контроллер)

ЭП10 (эмулятор печи)

ТР (твердотельное реле)

Эмуляторы дискретных сигналов

Связь ПЛК с ПК осуществляется посредством OPC-сервера. Программным обеспечением для ПЛК является среда программирования CoDeSys, в ней предусмотрена программа CoDeSys OPC Configurator, которая обеспечивает прием и передачу данных с ПЛК.

Задачей данной работы является разработка системы визуализации учебного стенда. В настоящее время распространено множество Scada – систем например: Master Scada, WinCC, Trace Mode и т.п. На данном стенде авторы решили применить Scada – Trace Mode 6. Trace Mode 6 предназначена для автоматизации промышленных предприятий, предприятий

энергетического комплекса, систем энергоучета и т.д. Масштаб систем автоматизации может быть любым – от автономно работающих управляющих контроллеров и АРМов до территориально распределенных систем управления, включающих десятки контроллеров и АРМ, обменивающихся данными с использованием различных коммуникаций. Динамические характеристики и надежность создаваемого в Trace Mode 6 программного обеспечения АРМ и контроллеров позволяют применять разработанные системы автоматизации в таких отраслях промышленности как нефтехимия, металлургия, энергетика, пищевая промышленность, а так же при проведении научных исследований.

С помощью таких механизмов как Drag-and-drop, «Автопостроение» создаются аргументы экрана и связи между атрибутами каналов, что очень удобно. На данную мнемосхему авторами вынесены величины температуры, величины напряжения на твердотельном реле, какой тип управления используется (однопозиционный или двухпозиционный), задание настроек регулятора, заданное значение температуры. Мнемосхема стенда представлена на рисунке 1

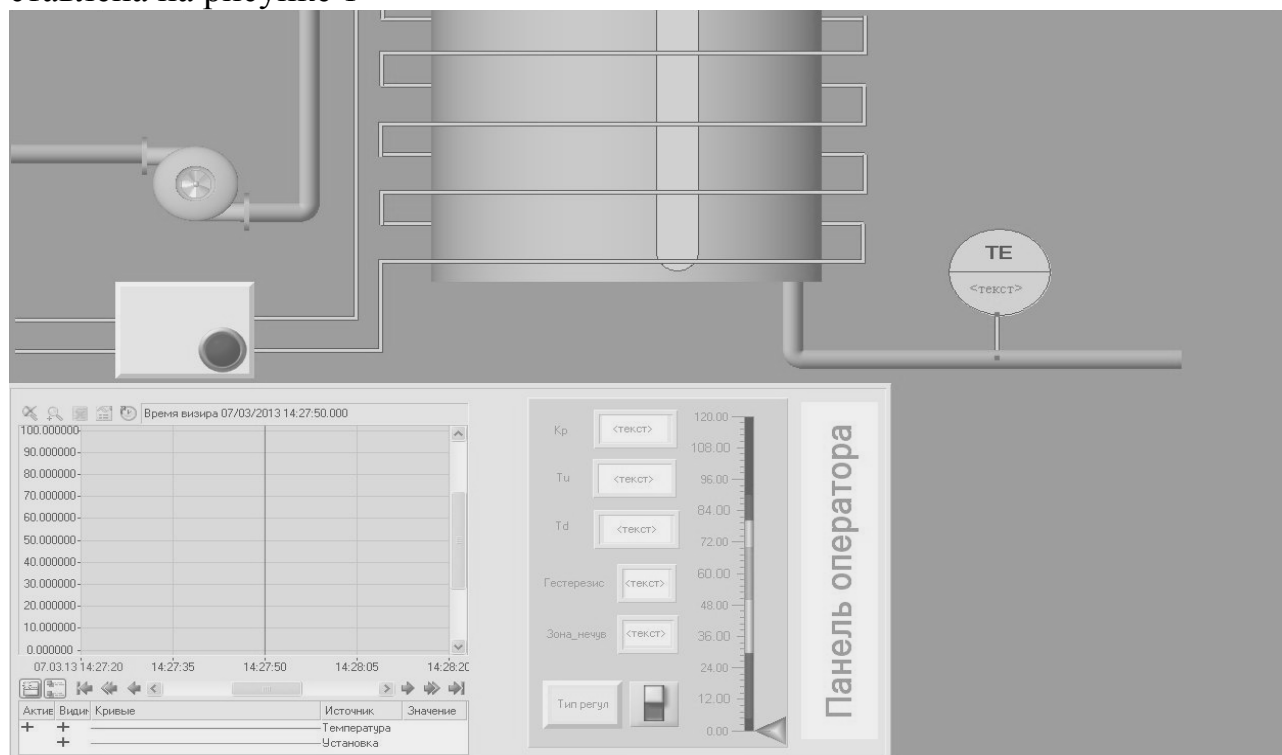


Рисунок 1. Мнемосхема стенда на оборудовании ОВЕН.

В ходе привязки атрибутов экрана к каналам управления произведена динамизация элементов мнемосхемы. Созданный человеко-машинный интерфейс позволяет управлять оборудованием стенда непосредственно с монитора компьютера.

Библиографический список

Интегрированная платформа для управления производством Trace Mode 6 & T – factory. Руководство пользователя. Adastra Research Group, Ltd. Москва 2010

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ ВОСТАНОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ

Л.М. Ознобихин¹, И.В. Орлова², В.В. Донец³

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск

²к.физ.-мат.н., доцент кафедры информатики ИрГТУ, г.Иркутск, 89149210747

³студент гр. АТП-09-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск

В мировом производстве кремния в качестве восстановителей используются углеродсодержащие материалы растительного и ископаемого происхождения. Реакционная способность компонентов шихты определяет важнейшие показатели процесса выплавки кремния – степень и скорость восстановления оксида кремния, извлечение и проплав шихты, расход электроэнергии. Лимитирующей стадией процесса выплавки кремния является диффузионное сопротивление доставке SiO к поверхности восстановителя через слои конденсированного SiC. Влияние диффузионного фактора можно уменьшить при использовании восстановителя, поверхность которого характеризуется высокой реакционной способностью и дефектами структуры.

Авторы считают, что таким требованиям в наибольшей степени отвечают бурый уголь и полукокс, которые имеют ряд преимуществ перед некоторыми традиционно применяемыми углеродными материалами. Так, по отношению к древесному углю – высокой механической прочностью, более высокой реакционной способностью по отношению к монооксиду кремния, дешевизной; по отношению к каменным углям – слабой склонностью к образованию упорядоченной графитообразной структуры и, следовательно, хорошей газопроницаемостью, способствующей равномерному газовыделению на колошнике печи.

Из этих соображений в качестве восстановителей были исследованы бурый уголь Березовского месторождения (Б) и полукокс из длиннопламенного угля Ленинск-Кузнецкого месторождения (Л-К), которые обладают сравнительно невысокой зольностью – 4,97 и 4,0 % соответственно. Для сравнения были взяты традиционно используемые в производстве кремния углеродные восстановители – древесный уголь и нефтяной кокс.

Исследованные образцы углеродистых восстановителей характеризуются высокой концентрацией ПМЦ (до 10^{19} сп/г), что предполагает их высокую реакционную способность в условиях электротермического восстановления кремния. При анализе спектров ЭПР выявлены особенности химического окружения свободных радикалов, способных к иницирова-

нию окислительно-восстановительных реакций в низкотемпературной зоне рудотермической печи.

Реакционная способность бурого угля по CO_2 при 1273 К (21,2 мл/г·сек) значительно выше этого показателя для древесного угля (9,3 мл/г·сек), Л-К полукокса (7,1 мл/г·сек) и нефтяного кокса (0,3 мл/г·сек). Соответствующие значения удельного электросопротивления равны: 1,02; 0,89; 0,5; 2,3 ом·см

Было выполнено исследование системы $\text{SiO}_2\text{--C}$ в температурном интервале 1473 -2273 К в верхних горизонтах промышленной печи по выплавке кремния с учётом влияния качества углеродистых восстановителей на механизм и кинетику процесса. Начальные стадии образования карбида кремния обнаружены уже при температуре 1673 К, однако скорость карбидообразования достигает значительных величин при температуре около 1873 К.

Установлено, что по основным показателям (скорость карбидообразования, потери кремния в газовую фазу) в исследованном температурном интервале бурый уголь значительно превосходит нефтяной кокс и приближается к древесному углю.

Использование восстановителей с изначально высокой концентрацией ПМЦ приводит к снижению потерь кремния с отходящими газами за счет улавливания газообразного монооксида кремния в низкотемпературной зоне реакции рудотермической печи, т.е. до начала стадии инициирования.

АВТОКЛАВ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Елшин В.В.¹, Колодин А.А.², Мальчихин А.С.³

¹ – д.т.н., профессор, декан ЗВФ, член корр. РМА

² – программист кафедры АПП

³ – студент группы АТП-09-1

Выщелачивание, извлечение одного или нескольких компонентов из твердых тел (руд, концентратов, промежуточных продуктов, иногда отходов производства) водным раствором, содержащим щелочь, кислоту или другой реагент, а также с использованием определенных видов бактерий. Обычно выщелачивание сопровождается химической реакцией, в результате которой извлекаемый компонент переходит из формы, нерастворимой в воде.

Процессы выщелачивания классифицируются следующим образом:

типу растворителя (щелочной, кислотный, солевой, органические и комплексообразующие реагенты);

способу осуществления (периодическое, непрерывное, одномного-стадийное, проточное и противоточное);

аппаратурному оформлению (кучное, подземное выщелачивание, перколяционное, агитационное);

величине давления (при атмосферном или избыточном — автоклавные условия);

использованию подготовительных операций (прямое или с предварительной подготовкой).

Рассмотрим автоклавное выщелачивание, а именно автоклав как объект управления.

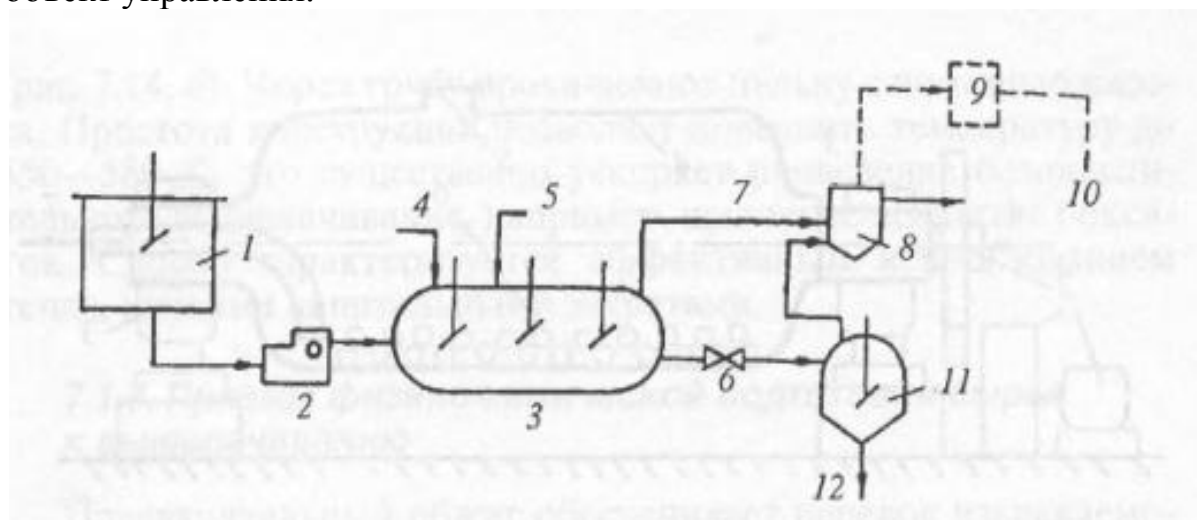


Рисунок 1. Схема автоклава с трубопроводами.

1 – расходная емкость исходной пульпы; 2 – насос высокого давления; 3 – автоклав; 4–реакционный газ; 5– реагент-растворитель; 6–разгрузочный клапан; 7–парогазовая смесь; 8–каплеотбойник; 9–санитарная очистка; 10– газ в атмосферу; 11– расширительный сосуд (самоиспаритель); 12–пульпа.

Все параметры автоклава можно разделить на две большие группы: входные воздействия и выходные показатели. Входные воздействия в свою очередь делятся на возмущающие и управляющие воздействия. Рассмотрим параметры автоклава.

Возмущающие воздействия: $C_{пульпы}$ - концентрация окисленных компонентов пульпы на входе в автоклав; C_{O_2} - концентрация кислорода поступающего в автоклав; $\rho_{п}$ – плотность пульпы; $T_{п}$ – температура пульпы; T_{O_2} – температура кислорода; T_{H_2O} – температура воды.

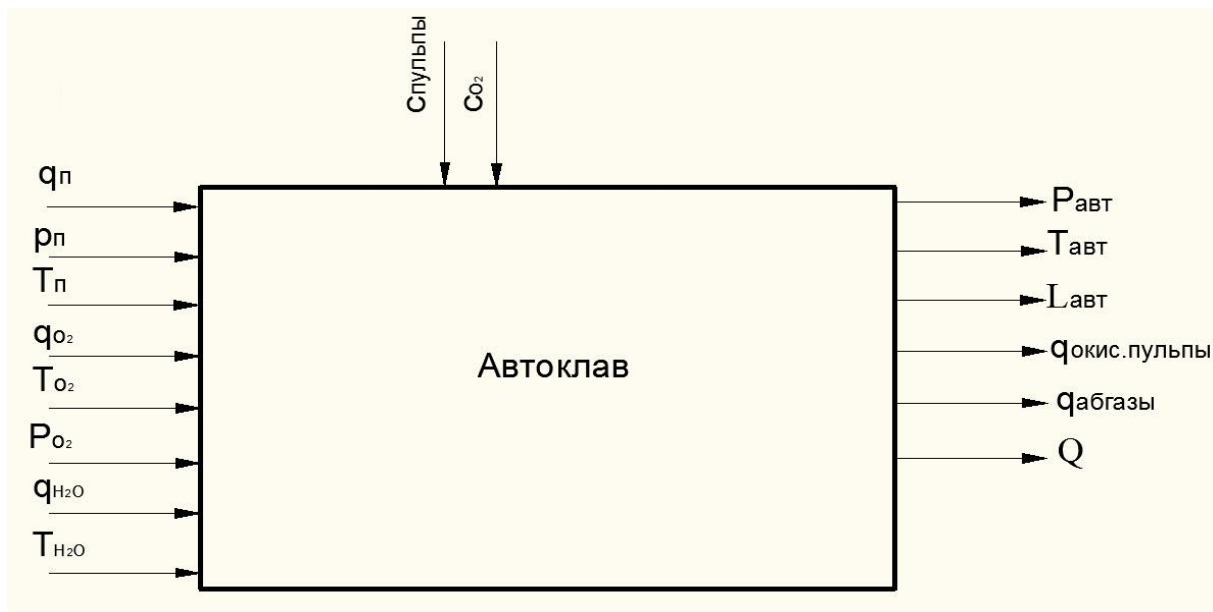


Рисунок 2. Структурная схема автоклава.

Управляющие воздействия: $q_{п}$ – расход пульпы; q_{O_2} – расход кислорода; P_{O_2} – давление кислорода; q_{H_2O} – расход воды; $q_{абгазы}$ – расход абгазов.

Выходные: $P_{авт}$ – давление в автоклаве; $L_{авт}$ – уровень в автоклаве; $T_{авт}$ – температура в автоклаве; $q_{окис.пульпы}$ – расход окисленной пульпы; $q_{абгазы}$ – расход абгазов; Q – степень окисления пульпы.

Управление температурой может осуществляться с помощью расхода кислорода, воды. Но управление расходом кислорода невыгодно, так как может повлиять на реакцию, проходящую в автоклаве. Управление давлением осуществляется с помощью абгазов, давлением кислорода.

Материальный баланс для автоклава:

$$q_{пульпы} + q_{H_2O} + q_{O_2} - q_{абгазов} - q_{окис.пульпы} = \frac{dM}{dt}$$

Тепловой баланс:

$$Q_{пульпы} - Q_{нагр.пульпы} - Q_{H_2O} - Q_{O_2} - Q_{окр.среду} - Q_{парообраз} - Q_{абгазов} = \frac{dQ_{потерь}}{dt}$$

$Q_{пульпы}$ – тепловыделение пульпы, Q_{H_2O} – количество тепла необходимое для нагрева жидкой фазы до температуры заданной технологом, Q_{O_2} – количество тепла необходимое для нагрева кислорода, $Q_{нагр.пульпы}$ – количество тепла необходимое для нагрева твердой фазы пульпы, $Q_{окр.среду}$ – теплопотери в окружающую среду, $Q_{парообара}$ – теплопотери на испарение воды, $Q_{абгазов}$ – количество тепла, образовавшихся абгазов.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

О.В. Дударева¹, О.И. Рандин², А.О. Свитова³

¹к.г.-м.н., заведующая кафедрой информатики ИрГТУ, г.Иркутск, р.т. 40-51-83

²к.х.н., доцент кафедры информатики ИрГТУ, г.Иркутск, р.т. 40-51-83

³студентка гр. ТТП-10-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск

Моделирование какого-либо химико-металлургического процесса в конечном итоге приводит к получению уравнения, которое адекватно описывает поведение искомого параметра при изменении параметров оптимизации. Например, при сорбции комплексных ионов $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ и $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ углеродными сорбентами математическая модель показывает зависимость величины адсорбции при изменении независимых переменных – начальной концентрации, температуры и времени: $A = f(c, T, \tau)$. Исходными данными являются экспериментальные данные адсорбции из модельных растворов, полученные в лабораторных условиях.

На практике приходится решать задачу поиска оптимальных значений температуры, концентрации и времени. Получение экспериментальных данных для большого набора значений параметров оптимизации является очень трудоемким процессом. Адекватная математическая модель должна обладать предсказательной силой и дает возможность получить значения сорбционной емкости при значениях параметров оптимизации, выходящих за пределы экспериментальных измерений. И даже при наличии адекватной математической модели сам расчет значений адсорбционной емкости для большого числа точек также требует больших трудозатрат и времени.

Для ускорения этого процесса удобно использовать среду визуального программирования – VBA. VBA- это сочетание современного языка программирования и вычислительных возможностей Excel. VBA содержит графическую среду, позволяющую создавать удобный интерфейс пользователя, наглядно конструируя экранные формы и управляющие элементы.

Авторами представленной работы были разработаны алгоритмы и написаны программы в среде VBA для двух-, трех- и четырехпараметровых моделей.

При трехпараметровой зависимости трехмерный массив экспериментальных точек можно представить как набор сечений – двумерных массивов, где изменяются значения двух параметров при фиксированном значении третьего. Для вышеприведенного примера соответствующая программа позволяет выполнить оптимизацию по трем параметрам и для оптимального значения температуры на монитор выводится матрица значений

сорбционной емкости, по которой строится поверхность значений сорбционной емкости в осях время – концентрация. Оптимальные значения параметров оптимизации также выводятся на экран монитора. На рис. приведен интерфейс программы.

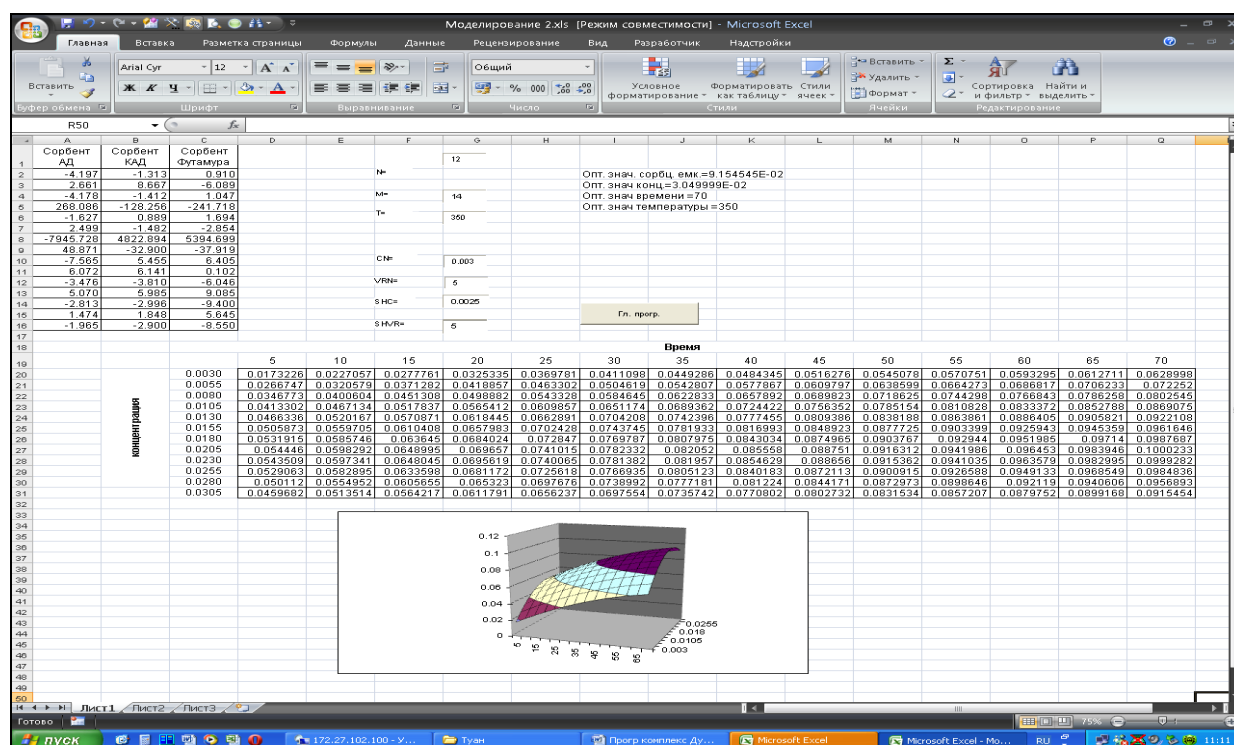


Рис. 1. Интерфейс программы для трехпараметровой модели

При четырехпараметровой зависимости, например, когда при электрокоагуляции тяжелых металлов остаточная концентрация (С) зависит от плотности тока, рН, расхода воды и времени, компьютерная программа строит виртуальное четырехмерное пространство зависимости С от соответствующих параметров, и для оптимальных значений рН и расхода воды выводит на экран монитора матрицу значений С в зависимости от плотности тока и времени. На экран также выводится построенная по матрице диаграмма поверхности оптимизируемой функции и значения всех параметров оптимизации.

В зависимости от выбора математической модели, программы можно оперативно изменять, при этом принципы построения интерфейса программы остаются неизменными.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА «АКАЦИЯ» В ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО ЦИАНИРОВАНИЯ ЗОЛОТА.

Пелих В.В.¹, Салов В. М.²

¹ - аспирант кафедры АПП, ИрГТУ, e-mail: Pelich2289@mail.ru

² - профессор кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: salov@istu.edu

На сегодняшний момент золото является одним из важнейших ресурсов экономических ресурсов на планете. Его востребованность в мировой экономике отражается в постоянном росте цены на этот металл и ставит перед его производителями вопрос об интенсификации производства, повышения извлечения и сокращение потерь. На этом фоне, на современных ЗИФ всё большее распространение получает метод интенсивного цианирования в комплексе с высокопроизводительными центробежными сепараторами для извлечения «гравитационного» золота. Основные преимущества этого метода заключаются в том, что данный комплекс сочетает в себе низкие эксплуатационные затраты гравитационного обогащения и высокую степень извлечения выщелачивания золота, кроме того, такая схема обладает высокой производительностью.

Модуль выщелачивания ConSepAcacia – это установка, предназначенная для выщелачивания богатых золотосодержащих гравитационных концентратов, главным образом, - концентратов центробежных сепараторов типа Knelson, Falcon, Итомак . Выщелачивание в модуле осуществляется с высокой эффективностью, под действием постоянного циркулирующего восходящего потока раствора цианида.

Раствор выщелачивания характеризуется относительно высоким процентным содержанием цианида, производителем рекомендуется 2-4% NaCN. Также в раствор загружается специально разработанный реагент-ускоритель LeachAid выполняющий роль окислителя вместо кислорода.

Установка интенсивного цианирования Акация состоит из следующих основных компонентов (рис.1): Конус накопления гравиконцентрата (конус концентрата), реактор, ёмкость раствора выщелачивания, всё смонтировано на несущей раме. Центральным элементом установки является колонна реактора, она выполнена в виде усеченного конуса. В нижней части реактора расположена диффузионная решетка (Диффузор), через которую сквозь находящийся в реакторе материал подается восходящий флюидизирующий поток раствора выщелачивания, который переливом вновь возвращается в чан раствора.

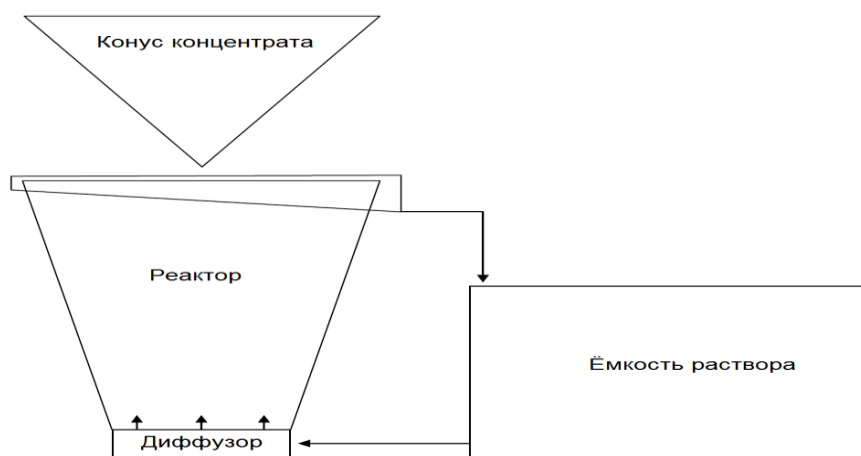


Рисунок 1. Принципиальная схема расположения компонентов модуля интенсивного выщелачивания Акация

Период циркуляции потока сквозь раствор происходит в течении от 4 до 24 часов и, как показывают испытания и опыт промышленного применения, позволяет перевести в раствор до 95% золота. После чего этот раствор отправляется, либо на сорбцию, либо сразу на электролиз для получения катодного осадка.

Установка Акация является полностью автоматизированной и после ввода в эксплуатацию работает с минимальным вмешательством человека. Контроль основных параметров осуществляется за счёт ультразвуковых датчиков уровня, магнитных расходомеров, весомеров, датчика температуры, давления. Для управления работой установки используется большое количество отсечных клапанов, управляющий клапан, шнековый питатель, а также насосы трёх разных типов

Внедрение в процесс технологии интенсивного выщелачивания «Акация» позволяет существенно сократить потери золота при доводке концентрат в гравитационном цикле, интенсифицировать процесс, увеличить извлечение и существенно сократить производственные площади. Данная технология рекомендуется для ЗИФ практикующих гравитационные методы обогащения золота. При замене технологии доводки концентрата на столах и с использованием в первом цикле измельчения с центробежными концентраторами. Также для применения на фабриках с использованием чанового выщелачивания, для сокращения нагрузки на каскад чанового/сорбционного выщелачивания и эффективного извлечения крупного золота из схемы.

Библиографический список:

1. Основы обогащения полезных ископаемых, Т.1. – Обогательные процессы / В.М. Авдохин – Москва, Горная Книга, 2008. 417 с.
2. Переработка золотосодержащих концентратов методом интенсивного цианирования/ к.т.н., доцент Аксенов А.В; аспирант Васильев А.А; Яковлев Р.А.: <http://econf.rae.ru/pdf/2010/09/3d8e28caf9.pdf>

3. Малогабаритные установки для цианирования золотосодержащих концентратов и промпродуктов/ РО ОАО Иргиредмет: журнал «Золотодобыча», №164, Июль, 2012

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АММИАЧНОГО ЦИАНИРОВАНИЯ МЕДИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

А.А. Макаров¹, В.М.Салов²

¹-Макаров А.А. аспирант кафедры АПП, ИрГТУ, ² - профессор кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: salov@istu.edu

Проблема переработки золотых руд, содержащих медь, относится к числу наиболее актуальных, так как медь в золотых рудах является вредной примесью, осложняющей процесс извлечения золота. Прежде всего это касается цианирования – одной из главных операций в процессе металлургической переработки золоторудного сырья.

Следует отметить, что автоматизация процесса цианирования является очень сложной, в большинстве случаев на фабриках решают ряд вопросов: стабилизация расходов материалов, в некоторых случаях поддержание Ж:Т, стабилизация давлений и уровней пульпы. В этих условиях не может быть речи об оптимальном управлении. Малое содержание золота в руде, примеси появляющиеся в процессе выщелачивания и поступающие в пульпу с используемой водой, ассоциация золота с вмещающими минералами и многое другое резко усложняют процесс извлечения золота в процессе цианистого выщелачивания.

Экспериментально было доказано, что скорость растворения золота возрастает в присутствии аммиачно-цианистых комплексов меди $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{CN}_2$. [1] На основании этой работы была создана функциональная схема процесса, которая показывает, что используя информацию датчиков, можно непрерывно проводить диагностику процесса, и осуществлять оптимальное управление процессом.

На основании анализа процесса разработан алгоритм диагностирования и управления процесса выщелачивания. Для начала необходимо выставить и стабилизировать концентрацию $\text{NaCN}(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и pH нормативные показания которых определены для конкретных условий, а также определить концентрацию кислорода в растворе. pH раствора будет поддерживаться за счет подачи NaOH.

Так как концентрация кислорода не может быть регулируемой, алгоритм будет отслеживать возможное достижение заданного значения кислорода, но при завершении некоторого количества циклов проверки и не достижении заданного параметра выдается соответствующее сообщение и

алгоритм протекает дальше. Измерение этих параметров ведутся параллельно всеми ветвями блока, в котором идет проверка ДО соответствия всех значений заданным.

Предлагаемая система управления, способна наиболее точно предоставить информацию о процессе и на основе её анализа сгенерировать воздействия эффективного управляя процессом, что позволит сэкономить расход химических реагентов, увеличить надёжность, повысить интенсивность извлечения, стабилизировать процесс без увеличения потери золота в хвосты.

Библиографический список

1. Лодейщиковым В. М. Исследование процесса и разработка аммиачно-цианистой технологии переработки медистых золотых руд. 2011г.
2. Лодейщиков В.В. Технология извлечения золота и серебра из упорных руд. В 2 т. Иркутск: ОАО «Иргиредмет», 1999.
3. Металлургия благородных металлов: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Л.В. Чугуев [и др.]; под общ.ред. Л.В. Чугуева. М.: Металлургия, 1987. 432с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РИСКА НЕРЕЗЕРВИРОВАННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

М. В. Горбачёва¹, Чан Зань Хыонг², О.В. Лазарева³

¹ студент гр. АТП-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, mariya_gorbacheva007@mail.ru

² студент группы АТП-09; химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: danhhuongtn@gmail.com

³ к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: lov_2126@mail.ru

При проектировании технической системы одним из важнейших показателей надежности является среднее время безотказной работы (Т), кроме того для планирования мероприятий по поддержанию работоспособного состояния системы необходимо знать критическое значение времени ее функционирования для которого риск возникновения отказа (R_c) имеет максимальное значение.

Источником информации для исследования риска технической системы являются характеристики надежности комплекса технических средств процесса автоклавной пропитки шпал, приведенные в табл. №1.

Показатели надежности КТС процесса

№	Наименование компонента технической системы	Показатели надежности	Кол-во
1	программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 100	средний срок службы составляет 8 лет; средняя наработка на отказ $t_H=100000$ ч.	1
2	управляющий модуль вывода МВУ8; модуль ввода аналоговый ОВЕН МВА8	средний срок службы составляет 8 лет; средняя наработка на отказ $t_H=100000$ ч.	2
3	датчики давления Метран-150(TGR)	средний срок службы составляет 15 лет; средняя наработка на отказ $t_H=270000$ ч.	1
4	ОВЕН САУ_М 6 устройство контроля уровня трехканальное; ОВЕН САУ_М7Е сигнализатор уровня жидких и сыпучих сред с дистанционным управлением	средний срок службы составляет 8 лет; средняя наработка на отказ $t_H=50000$ часов.	2
6	Преобразователи избыточного давления ОВЕН ПД 100-ДИ	средний срок службы составляет 12 лет; средняя наработка на отказ $t_H=50000$ ч.	1
7	Расходомеры электромагнитные Метран 370	средний срок службы составляет 15 лет; средняя наработка на отказ $t_H=100000$ ч.	1

Расчет производили в программе MathCAD.

Интенсивность отказов системы равна

$$\lambda_{\bar{n}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i; \lambda_c = 2,274 \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$$

$$\text{Время безотказной работы системы: } T_c = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{2,274 \cdot 10^{-5}} = 43975.37 \text{ час.}$$

Определение риска нерезервированной системы по точной формуле:

$$R_c(T) = \frac{Qc(t)}{\lambda_c} \cdot \sum_{i=0}^8 (\lambda_i \cdot r_i) = 6.424 \cdot 10^4$$

$$R_c(T_1, n) = 6.424 \cdot 10^4 \cdot \frac{1 - e^{-2.27410^{-5} \cdot t}}{n} \sum_{i=0}^8 \frac{\lambda_i \cdot r_i}{\lambda_c} = 1.285 \cdot 10^4$$

Для $T = 43975,37$ час из полученных значений $R_c(t)$ видно, что риск исследуемой системы ниже допустимого $6,424 \cdot 10^4$ и равен $1,285 \cdot 10^4$.

Зависимости $R_c(t)$ при различных значениях t и n приведены на рис.1.

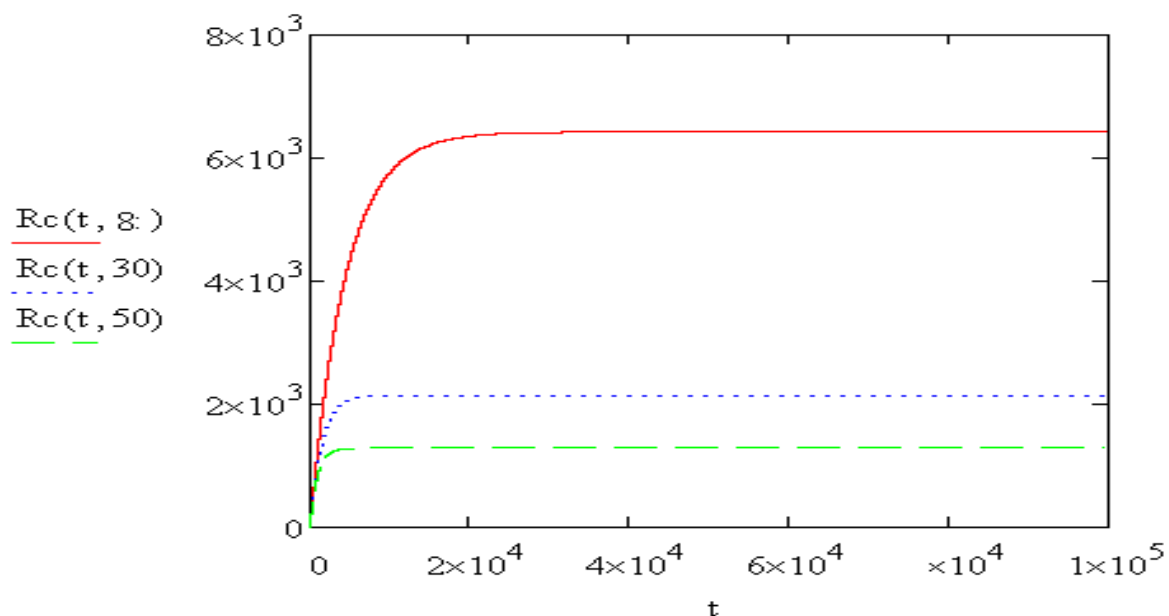


Рис.1. Функции риска системы для различных t и n .

Вывод: С увеличением времени t работы системы техногенный риск функционирования системы увеличивается и стремится к постоянной величине, равной среднему значению. Видно, что при любом t риск системы не превосходит допустимого значения. Кроме того, критическим временем, характеризующимся высокой вероятностью возникновения отказа, является $T = 43975,37$ час, т.е. по истечении этой наработки следует планировать техническое обслуживание эксплуатируемой системы.

Библиографический список

1. Половко А.М. Основы теории надежности: практикум. СПб.: БХВ- Петербург, 2006. – 557 с.
2. Дианов В.Н. Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебное пособие. – М.: МГИУ, 2007.- 159 с.

РАЗРАБОТКА ВНУТРИПРИБОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АНАЛИЗАТОРОМ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.С. Мальчихин¹, Ю.А. Подкаменный², С.В. Саливон³
А.А. Носенко⁴, С.И.Половнева⁵

¹⁻⁴ студенты гр. АТП - 09-1 кафедры АПП ХМФ, члены НИСЦ «Автоматика»

⁵ к.т.н., доцент кафедры АПП, член-корр РМА, научн. руководитель НИСЦ «Автоматика» e-mail: Polovneva_si@mail.ru

Процесс измерения удельной поверхности высокотемпературным методом тепловой десорбции (ВМТД) две обязательных стадии- адсорб-

цию и десорбцию адсорбата из паровоздушной смеси, протекающих при разных стабилизированных температурах с постоянным расходом носителя [1]. Как объект управления, анализатор удельной поверхности является достаточно сложным многопараметрическим объектом. В работе выполнен анализ объектов управления (термостатов адсорбера и детектора), разработана структура СУ на базе программируемого логического контроллера ПЛК-154 и панели оператора ИП-320 (рис.1)

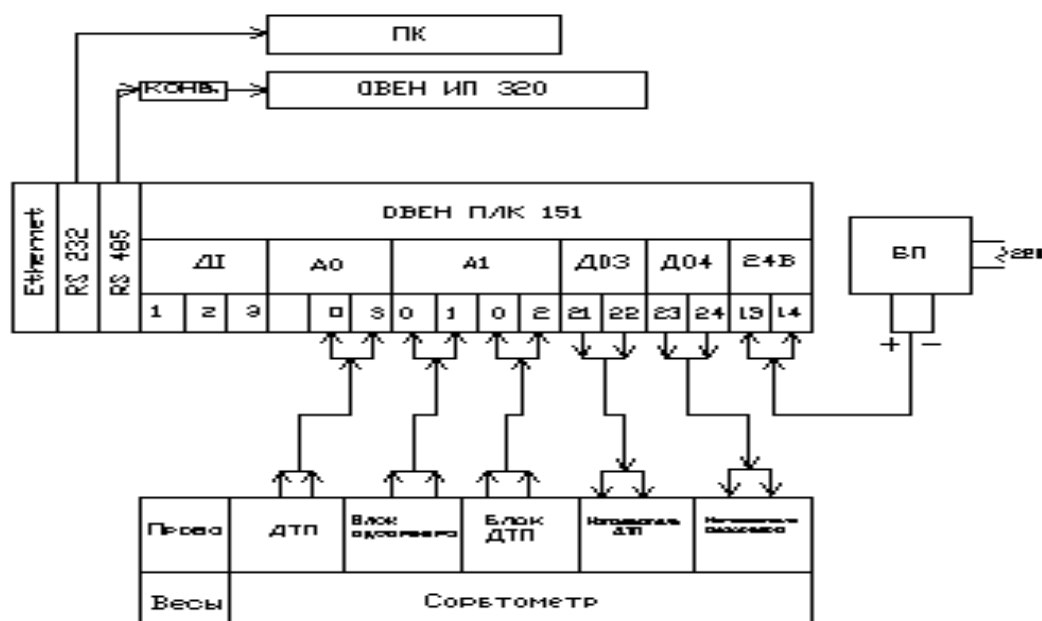


Рис.1. Структурная схема внутриприборной СУ.

Для регулирования температуры адсорбера выполнено математическое моделирование в среде MatCad/MatLab (рис.2), программирование в CodeSys на языке CFC (рис. 3).

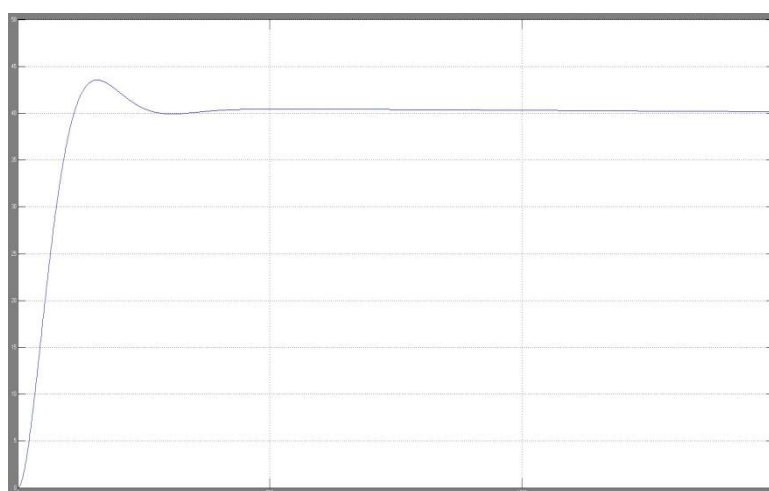


Рис. 2. График переходного процесса.

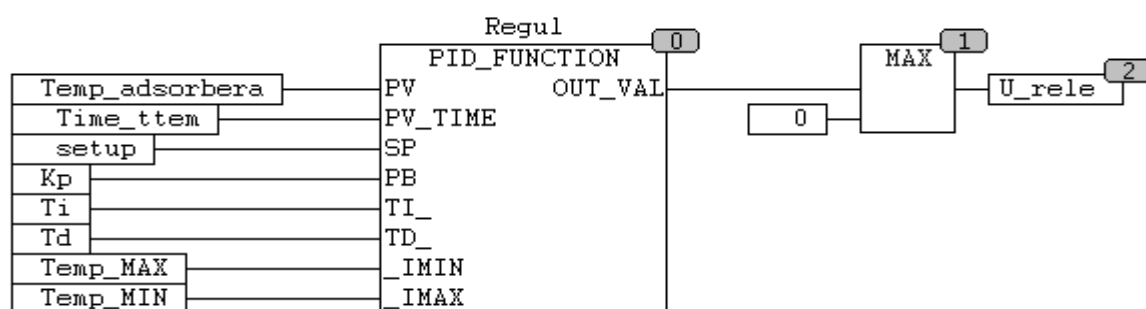


Рис. 3. Блок-схема программы регулирования температуры адсорбера.

Библиографический список

1. Патент РФ на изобретение №2376582 от 20.12.2009
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М: Изд-во МЭИ, 2004. - 400с.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ВИХРЕВЫМИ РАСХОДОМЕРАМИ

С.И. Половнева¹, С.А. Мельник², Е.А. Иванова³

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: Polovneva_si@mail.ru

²программист кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: MelnikSergey@istu.edu

³студентка гр. АТП-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ivanova@istu.irk.ru

В области современного контроля и учета расхода энергоресурсов, важнейшую роль играют средства измерения параметров теплоносителей. Одним из основных параметров является объемный расход. Результаты измерений используются при расчете за фактическое потребление ресурсов, отпущенных поставщиком. От точности средств измерения зависит взаиморасчет между поставщиком и потребителем энергоресурсов, а также эффективность их использования.

Для оценки точности результата измерений, долгое время использовались принципы теории погрешностей. Для достижения сопоставимости точности результатов была предложена новая концепция оценки точности путем введения понятия «стандартная, суммарная и расширенная неопределенность» результата измерения и разработано "Руководство по выражению неопределенности в измерении" [1]. Рядом исследований получены модели неопределенности для термопреобразователей и расходомеров пе-

ременного перепада давления [2,3]. В настоящей работе исследован бюджет неопределенности и составлен алгоритма оценивания для вихреакути-ческого расходомера.

Для проведения исследований и изучения метрологических характеристик расходомеров на кафедре автоматизации производственных процессов ИрГТУ был создан стенд, оборудованный автоматизированным рабочим местом (АРМ) [4].

Частота образования вихрей пропорциональна скорости потока, а значит, и объемному расходу:

$$f = St (v/d), \quad (1)$$

где f – частота образования вихрей Кармана; St – число Струхалия определяемое геометрией расходомера и свойствами среды; v – скорость потока жидкости; d – ширина тела обтекания.

Согласно формуле (1) частота срыва вихрей пропорциональна отношению v/d , а следовательно при постоянном характерном размере d тела пропорциональна, скорости v , а значит, и объемному расходу Q_0 . Зависимость между Q_0 и f дается уравнением

$$Q_0 = (s \cdot d / Sh) \cdot f, \quad (2)$$

Исходя из уравнения 2 величины, влияющие на результат измерения расхода, составляют бюджет неопределенности первичного преобразователя (ПП):

$$Q_0 = f(d, f) \quad (3)$$

Для оценки расширенной неопределенности результата измерения вихреакустического расходомера составлен бюджет неопределенности и получены значения составляющих суммарной и расширенной неопределенности. Оценка стандартной неопределенности результата измерения базового размера тела обтекания $U_A(\bar{d})$ по типу А и частоты следования вихрей составили:

$$U_A(\bar{d}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \quad (4)$$

$$U_A(\bar{f}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2} \quad (5)$$

где n – число измерений, d_i – значение измерения, $U_A(\bar{d})$ - неопределенность измерения размера тела обтекания; $U_A(\bar{f})$ - неопределенность измерения напряжения на выходе детектора.

При расчете суммарной стандартной неопределенности $U_C(\bar{Q}_0)$ для случаев некоррелированных оценок $\bar{d}$, $\bar{f}$ вычисления производятся по формуле:

$$U_C(\bar{Q}_0) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 U^2(x_i)} \quad (6)$$

где $U_c(\bar{Q}_o)$ - суммарная стандартная неопределенность, m – число входных величин, $U(x_i)$ - стандартная неопределенность i -той входной величины.

Расширенной неопределенность результата U составила произведение произведения суммарной неопределенности на коэффициент охвата:

$$U = k \cdot u_c, \quad (7)$$

$$k = t_p(v_{eff}), \quad (8)$$

где $t_p(v_{eff})$ - квантиль распределения Стьюдента с эффективным числом степеней свободы v_{eff} и доверительной вероятностью p .

Принимая закон распределения нормальным и доверительную вероятность $p = 0,95$, коэффициент охвата будет равен: $k=2$.

Окончательный результат измерения расхода вихреакустическим расходомером с учетом расширенной неопределенности составит:

$$Q_o = \bar{Q}_o \pm U \quad (9)$$

Библиографический список

1. РМГ 43-2001. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений". Издание официальное. – М.: Издательство стандартов, 2003.

2. Мельник С.А., Половнева С.И., Борисова Е.А. // Вестник ИрГТУ. 2010, 5, С. 244-249.

К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

И.А.Сысоев¹, В.А.Ершов², Е.Ю.Радионон³, Е.Э.Иванова⁴

¹к.т.н., доцент каф. электроснабжения и электротехники энергетического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ivansys@istu.edu

²к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v.ershov@mail.ru

³менеджер отдела математического моделирования и измерений, ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск, e-mail: Evgeniy.Radionov@rusal.com

⁴студент гр. АТП-10 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: isabel.6@mail.ru

Электролитическое получение алюминия - один из наиболее энергоемких промышленных процессов. Например, для получения одной тонны

алюминия методом Эру-Холла в зависимости от типа электролизера требуется затратить 13,2-16,0 тыс. кВт*час электроэнергии. Оптимизация и стабилизация энергетического режима работы электролизера, являются важнейшими факторами, определяющими достижение высоких технико-экономических показателей его работы. Таким образом, в алюминиевой промышленности востребовано программное обеспечение, направленное на повышение энергетического КПД электролизеров и достижение высоких показателей его работы.

Известно, что правильно подобранная температура электролита и величина перегрева является одной из важных составляющих стабильности энергетического режима электролиза. Если температура электролита опустится ниже заданного предела, то ухудшится растворимость глинозема. Если температура электролита становится слишком высокой, возникают отрицательные последствия - снижается выход по току, уменьшается толщина корки электролита. Все вышеперечисленное приводит к повышению потерь электроэнергии и фтористых солей, ухудшению экологических показателей производства алюминия[1].

В настоящее время для контроля и управления энергетическим режимом электролизера используются разные подходы. Одни основаны на поддержании необходимой величины криолитового отношения. Другие регулируют содержание фтористого алюминия в электролите, либо используют алгоритм по принципу «fuzzy-логики». На некоторых предприятиях инженерно-технический персонал самостоятельно разрабатывает стратегию управления энергетическим состоянием электролизеров [1].

Согласно проведенным исследованиям, актуальным остается вопрос разработки программного продукта для управления энергетическим режимом работы электролизера с учетом достоверной информации о концентрации глинозема и фтористых соединений в расплаве, и их влияния на структуру температур электролита. В рамках данной работы предлагается разработать программу управления энергетическим состоянием электролизера, основанную на инновационном способе определения концентрации глинозема в криолит-глиноземном расплаве [2], так как существующий метод выщелачивания электролита раствором хлорида алюминия и взвешиванием отмытого осадка, в сравнении с предлагаемым способом определения концентрации глинозема искажает значения в среднем на 1,5 % [3].

При разработке алгоритма управления энергорежимом необходимо учитывать степень влияния следующих технологических факторов: изменения рабочего напряжения электролизера; анодного эффекта; операций «перестановка анодов» и «выливка металла». Также следует учитывать влияние значений удельных коэффициентов процентного содержания фтористых солей и глинозема в электролите на температуру плавления расплава.

Обязательным условием при определении степени влияния и удельных коэффициентов является отбор проб электролита, одновременно с практическим определением рабочей температуры электролита, температуры ликвидус и перегрева с помощью одноразовых термопар с высокой степенью точности.

Особенность программного продукта будет заключаться в поддержании структуры температур электролита с использованием следующих правил:

- алгоритм базируется на ежедневном измерении рабочей температуры и определении температуры ликвидуса расчетным способом;
- учитывается степень влияния изменения рабочего напряжения электролизера, анодного эффекта, операции «перестановка анодов» и «выливка металла»;
- в расчетах используются значения влияния удельных коэффициентов процентного содержания AlF_3 , CaF_2 , MgF_2 , LiF и Al_2O_3 в электролите и их влияние на температуру плавления расплава.

Вышеперечисленные пункты позволят разработать программный продукт, который может быть установлен на технологический компьютер на действующем производстве и выдавать рекомендации персоналу по поддержанию заданного перегрева путем изменения параметров: напряжения и ежесуточной добавки фтористых солей в электролит электролизера. Сочетание нового высокотехнологичного подхода к определению температуры плавления электролита и инновационного способа определения концентрации глинозема в криолит-глиноземном расплаве позволит оптимизировать и стабилизировать энергетический режим работы электролизера и, как следствие, увеличить технико-экономические и экологические показатели производства алюминия.

Исследования проведены при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-7534.2013.8.

Библиографический список

1. Сысоев И.А., Ершов В.А., Богданов Ю.В., Кондратьев В.В. Исследование влияния технологических факторов на температурные характеристики электролитов при производстве алюминия // Вестник Иркутского государственного технического университета, Вып. 2, 2010г., С. 193-198.
2. Пат. 2467095 Российская Федерация, МПК С 25 С 3/06. Способ определения концентрации глинозема в криолит-глиноземном расплаве / Ершов В.А.; Сысоев И.А. заявитель и патентообладатель Иркутский гос. тех. университет. - № 2011118778/02; заявл. 10.05.11; опубл. 20.11.12, Бюл. № 32. – 3 с.
3. Ершов В.А., Сысоев И.А., Кондратьев В.В., Богданов Ю.В., Камганцев В.Г. Управление концентрацией глинозема в электролите при производстве алюминия // Metallurg, №11, 2011г., С. 96-101.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ САУ ТЕМПЕРАТУРЫ УЧЕБНОГО СТЕНДА

П.Р. Ершов¹, Чан Зань Хыонг², М.С. Хороших³.

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов Ир-ГТУ, г. Иркутск

^{2,3} студенты группы АТП-09; химико-металлургического факультета Ир-ГТУ, г. Иркутск, e-mail: danhhuongtn@gmail.com

Устройства сигнализации являются очень важной составной частью АСУ ТП и предназначены для извещения обслуживающего персонала о состоянии контролируемых объектов.

В настоящее время на кафедре АПП силами студентов и специалистов кафедры и при финансовой поддержке спонсора создается лаборатория профессиональной адаптации учащихся, которая позволит закреплять полученные теоретические знания практическими работами. Данная работа направлена на получение навыков создания систем сигнализации на базе современной техники. Задача данной работы заключается в создании системы сигнализации теплового процесса. В качестве объекта выбран эмулятор печи ЭП «ОВЕН». В качестве управляющего устройства применен контроллер марки ПЛК-154 «ОВЕН».

Структурная схема сигнализации для САУ температуры представлена на рис 1.

Программа для контроллера создана в среде программирования CodeSys на стандартном языке ST:

```
IF temp_give>60 THEN
    red_light:=1;
    green_light:=0;
    yellow_light:=0;
END_IF;
IF temp_give>40 AND tem_give<60 THEN
    red_light:=0;
    green_light:=0;
    yellow_light:=1;
END_IF;
IF temp_give<40 THEN
    red_light:=0;
    green_light:=1;
    yellow_light:=0;
END_IF;
```

Уставки для системы сигнализации:

1 – менее 40 °С – нормальный режим, горит зеленая лампа;

2 – от 40 °С до 60 °С – предаварийный режим, горит желтая лампа;
3 – свыше 60 °С - аварийный режим, горит красная лампа.

Для сигнализации аварийного режима можно реализовать звуковую сигнализацию, подключив цепь управления звонком параллельно красной лампе.

Данная практическая работа позволит учащимся создавать реальные системы сигнализации технологических процессов на базе современного оборудования.

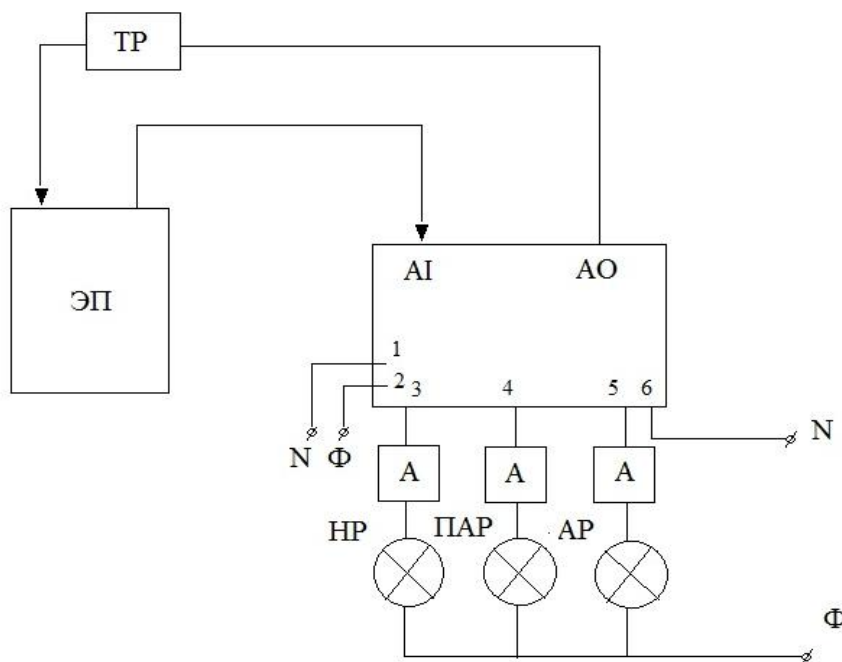


Рис. 1. Структурная схема сигнализации САУ температуры:

ЭП – эмулятор печи; ТР – твердотельное реле. AI- аналоговый вход;АО- аналоговый выход;А-автомат; НР – нормальный режим; ПАР - предаварийный режим; АР - аварийный режим.

Библиографический список

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ.пособие / А.С.Клюев [и др.]; под ред. А.С.Клюева.—3-е изд.стер.-М.: Альянс, 2008.-464 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЧЕБНОГО СТЕНДА

Ершов П.Р.¹, Чан Зань Хыонг², Хороших М.С.³

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов Ир-ГТУ, г. Иркутск

^{2,3} студенты группы АТП-09; химико-металлургического факультета Ир-ГТУ, г. Иркутск, e-mail: danhhuongtn@gmail.com

Задача подготовки учащихся к профессиональной деятельности может быть успешно решена только в том случае, если профессиональная адаптация будет осуществляться на промышленном оборудовании, а условия работы в лаборатории будут максимально приближены к реальным промышленным условиям. В 2013 году, при финансовой помощи иркутской компании «ТАНАР», кафедра АПП химико-металлургического факультета приобрела современное оборудование компании «ОВЕН» для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами. На базе данного оборудования в настоящее время силами студентов создаются лабораторные работы, которые позволят приобрести необходимые навыки в области автоматизации, помогут студентам практически изучать структуру различных систем автоматического регулирования, каналов передачи данных, познакомиться с характеристиками и принципом действия различных технических средств автоматизации, освоить методы обслуживания и настройки ТСА. Полученные практические знания позволят в дальнейшем студентам при создании АСУ ТП обоснованно выбирать комплексы технических средств и приобрести навыки в расчете их параметров.

В связи с этим создание учебного комплекса даст возможность решать важные практические задачи:

- приобретение студентами навыков работы с реальными техническими средствами автоматизации, применяемыми в промышленности;
- освоение методов повышения качества регулирования технологических параметров путем правильного выбора законов регулирования и применения соответствующих структурных схем автоматизации;
- применение различных каналов передачи данных.

Цель данной работы заключается в определении статических и динамических характеристик теплового объекта, которым является эмулятор печи ЭП-10.

Статическая характеристика необходима для определения оптимальных пределов величины напряжений, подаваемых на ЭП-10, т.к. работа при больших напряжениях приведет к увеличению времени лабораторной работы, а при температуре объекта свыше 125 °С к выходу ЭП-10 из

строю. Полученная статическая характеристика зависимости температуры от напряжения представлена на рис.1.

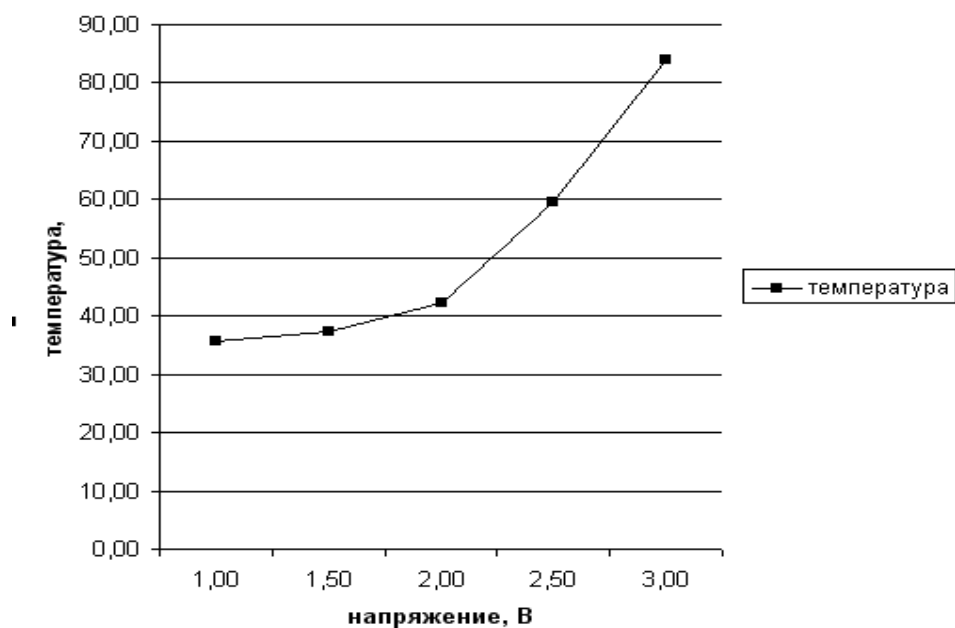


Рис.1 Характеристика зависимости температуры объекта от напряжения

На втором этапе работы определена динамическая характеристика в виде кривой разгона, представленной на рис.2.

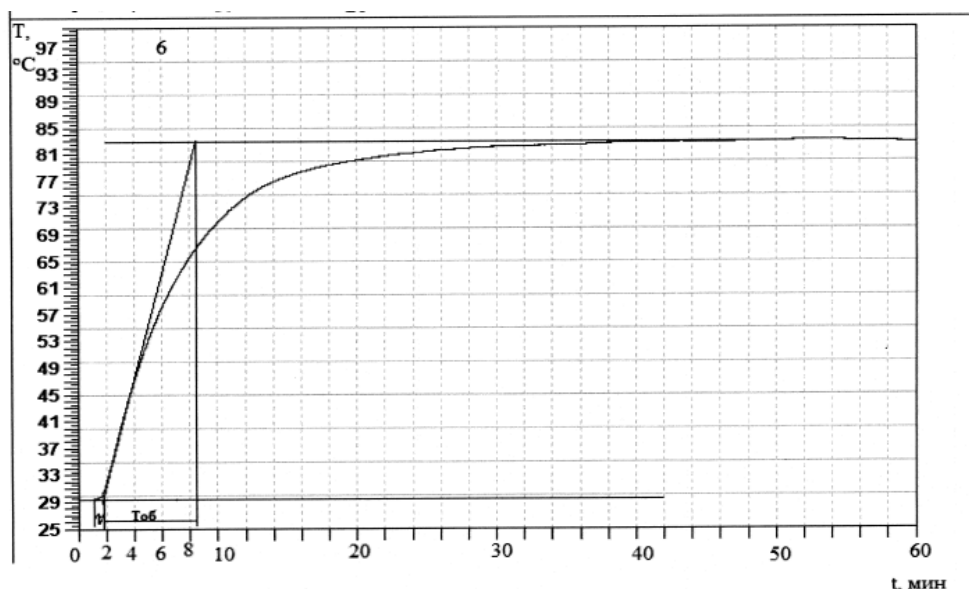


Рис.2. Кривая разгона объекта ЭП-10

Полученная динамическая характеристика позволит студентам в дальнейшем научиться рассчитывать коэффициенты, необходимые для определения настроек регулятора, а также поможет студентам определить математическую модель объекта.

Библиографический список

1. Копелович А.П. Инженерные методы расчета при выборе автоматических регуляторов. М.: Металлургиздат, 1960.
2. Баев А.В., Салов В.М., Елшин В.В. Расчет линейных систем автоматического регулирования: Учеб.пособие.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003.-71с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX МАТРИЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ MATLAB+SIMULINK

Т.А.Иваненко¹, А.А.Мельник², А.В.Баев³

¹студент гр. АТП-08, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: tatyana_ivanenko@bk.ru

²аспирант кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v32@istu.ru

³профессор, зав. кафедрой автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: baew@istu.edu

Для построения высококачественной системы автоматического регулирования и ее исследования требуется построение математической модели объекта и регулятора. Модель считается построенной, если получена система дифференциальных уравнений, описывающая ее поведение. Наибольшие затруднения, как правило, возникают при определении порядка уравнения и вычислении коэффициентов полученных дифференциальных уравнений. Значения коэффициентов чаще всего определяются только экспериментальным путем. Для большинства объектов проводят так называемый «пассивный» эксперимент, когда экспериментатор в условиях нормального функционирования объекта регистрирует случайные реализации возмущающих воздействий и реакций объекта. Полученные данные обрабатываются статистическими методами.

Пакет System Identification Toolbox матричной лаборатории MatLab позволяет создавать математические модели линейных динамических объектов на основе временных рядов входных/выходных переменных.

С помощью пакета для дискретного времени возможно построение моделей: авторегрессии AR(AutoRegressive), ARX-моделей (AutoRegressive with eXternal input), ARMAX-моделей (AutoRegressive-Moving Average with eXternal input), моделей «вход – выход» Output-Error (OE), моделей Бокса – Дженкинса (BJ), моделей переменных состояния (State space). Для работы с пакетом необходимо предварительно ввести данные в режиме командной строки в виде векторов, причем длина вектора не лимитируется.

Работа с пакетом System Identification Toolbox предполагается в двух режимах: командном и в среде графического интерфейса GUI. Графический интерфейс пакета загружается из режима командной строки. Он позволяет производить как предварительную обработку сигналов, так и диалоговый процесс идентификации модели. На рис.1. представлены исходные данные для идентификации модели, взятые для примера из работы [1], в которых убраны постоянные составляющие и выбран диапазон исследования, и переходная функция, полученная при корреляционном анализе данных.

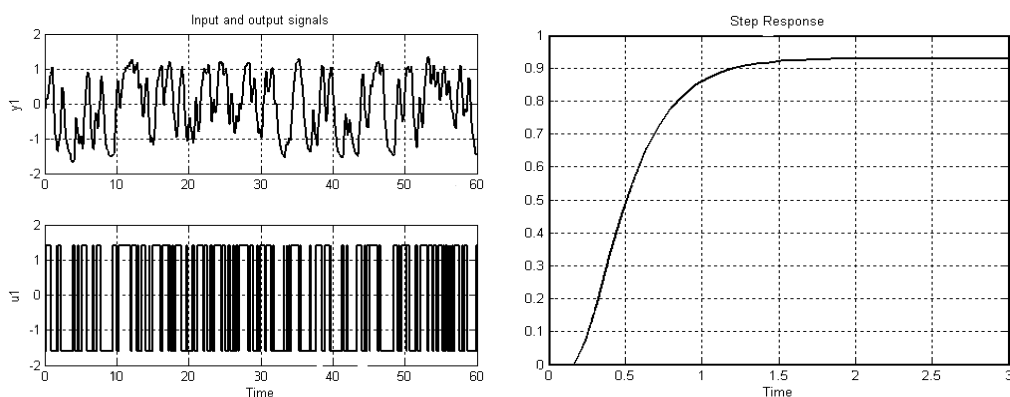


Рис.1. Графики исходных сигналов: входного $u1$, выходного $y1$ и переходной функции.

Работа в среде графического интерфейса GUI является более предпочтительной. В процессе идентификации могут использоваться три вида представления моделей: для временных характеристик, частотных характеристик и формат нулей и полюсов. Пакет предлагает следующие виды моделей: корреляционная, частотная, временные (параметрические модели). По переходной функции, полученной при корреляционном анализе, определяем величину запаздывания, которое в виде целой части отношения τ/T учитывается при выборе структуры (порядка) модели. Нужно иметь ввиду, что для одной и той же параметрической модели можно выбирать различные структуры. Оценить структуры можно, используя доверительный интервал или меру совпадения экспериментальных и прогнозируемых данных. В качестве итоговой выбирается та структура, которая при прочих равных условиях является более простой.

Модели, полученные с помощью пакета System Identification Toolbox как в графическом, так и командном режиме, являются дискретными. Используя известные соотношения [2], можно получить передаточную функцию непрерывной модели.

Таким образом, получив временные ряды при пассивном эксперименте, можно судить о динамике объектов и систем.

Библиографический список

1. В. П. Дьяконов. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Серия «Библиотека профессионала». — М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 576 с: ил.
2. В.Я.Ротач. Теория автоматического управления: учеб. для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" направления "Автоматизированные технологии и производства"/— 3-е изд., стер. — М.: Изд-во МЭИ, 2005 . — 400 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ДАВЛЕНИЯ

А.Н. Погодаева¹, О.В. Лазарева², М.И. Капитонова.³

¹студентка группы Атб-11; институт АиТ ИрГТУ, e-mail:Nastena_pogodaev@mail.ru

²к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail:lov_2126@mail.ru

³студентка группы Атб-11; институт АиТИрГТУ; e-mail:kapitnva-masha@rambler.ru

Измерительный канал – совокупность технических средств измерительной системы, которая выполняет законченную функцию от восприятия измеряемой величины до получения результата измерения, выраженного числом или соответствующим ему кодом.

Погрешность измерений, проводимых ИК, определяет качество управления технологическим процессом, достоверность экспериментальных данных при научных исследованиях и испытаниях продукции. Поэтому важно поддерживать метрологические характеристики ИК на определенном уровне, определяемом требованиями к качеству управления, испытаний и т.д. В общем случае на погрешность и неопределенность результата измерений оказывают влияние следующие факторы [1]:

- свойства ИК, отражаемые метрологическими характеристиками его компонентов;
- условия эксплуатации, отражаемые характеристиками влияющих величин;
- свойства объекта измерений, отражаемые характеристиками сигналов, параметры которых подлежат измерению;
- методы измерений и измерительных преобразований внутри системы, порождающие методические погрешности измерений;
- алгоритм обработки результатов прямых измерений с помощью встроенного процессора и его программная реализация.

Комплектация ИК как единого, законченного изделия из частей, выпускаемых различными заводами изготовителями, делает актуальной задачу определения МХ ИК системы. В настоящее время преобладают расчетные методы определения метрологических характеристик (МХ ИК), так как экспериментальные сопряжены с большими затратами и ограничиваются жесткими условиями.

В расчете МХ ИК можно выделить следующие наиболее характерные этапы:

- определение погрешности, обусловленной взаимным влиянием ИК;
- приведение МХ составных частей ИК, в том числе характеристик погрешностей к одной точке ИК, как правило, к его выходу;
- суммирование МХ составных частей, в результате которого получают расчетные значения МХ ИК;
- определение погрешности, обусловленной взаимодействием выходных и входных цепей последовательно включенных компонентов;
- определение погрешности, вносимой линиями связи.

Исследование ИК давления осуществлялась в нормальных условиях на базе универсальных метрологических стендов компании «ЭЛМЕТРО». Схемы ИК давления представлены на рис 1.

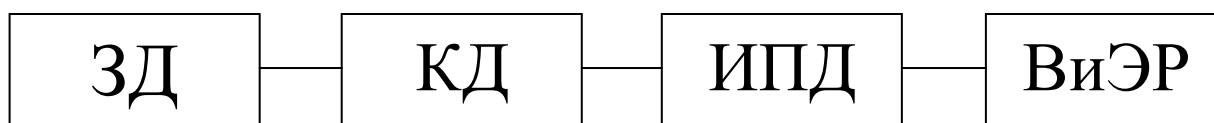


Рис. 1. Схема ИК давления

где: ЗД - задатчик давления; КД – калибратор давления; ИПД – измерительный преобразователь давления; ВиЭР - регистратор видеографический

Метрологические характеристики компонентов ИК приведены в табл. 1.

Таблица 1. Метрологические характеристики средств измерений

№ п.п.	Наименование СИ	Метрологические характеристики		
		Тип	Диапазон измерения	Основная допускаемая погрешность
1	Эталонный модуль давления	Метран 518	0-160 кПа	±0,06%
2	Калибратор давления	Метран 517 ПКМ	0-0,16МПа	±0,06%
3	Измерительный преобразователь давления Метран 150	150TG	160кПа	±0,075%
4	Регистратор видеографический (ВиЭР)	ВиЭР	4-20 мА	2%

Расчет погрешности измерительной системы сводится к оценке погрешностей ее отдельных ИК. Поскольку ИК есть цепь различных воспринимающих, преобразовательных и регистрирующих звеньев, то для определения границ допускаемой (основной) погрешности необходимо оценить СКО (среднеквадратическое отклонение) погрешностей этих звеньев. Результирующая СКО погрешности ИК [2]:

$$\delta_{\text{ИК}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^m \sigma_{i\text{доп}}^2}$$

где: $\sigma_{i\text{доп}}$ - дополнительные погрешности от влияющих факторов; σ_i - границы допускаемой основной погрешности. В связи с тем, что эксперимент проводили в сухом, отапливаемом помещении в нормальных условиях влияние дополнительных погрешностей на результат измерений отсутствует.

Таким образом, СКО ИК составит $\sigma_{\text{ИК}} = 2,004\%$, основным влияющим на погрешность компонентом канала является регистратор видеорегистратор. Точность ИК можно повысить путем включения в его состав средств ВТ.

Библиографический список

1. МИ 222-80. Методика расчета метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов. М.: Изд-во стандартов, 1981.- 18 с.

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАРОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК, УЧИТЫВАЮЩИЙ ДИНАМИКУ ПРОЦЕССА

А. А. Герасимова¹, В. Г. Хапусов²

¹ студентка гр. АТП-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск.

² д.т.н., профессор кафедры АПП ИрГТУ, г. Иркутск

Паросиловые установки характеризуются значительной инерционностью или транспортным запаздыванием, определяемой динамическими свойствами объекта.

Динамические свойства объекта могут вносить значительные погрешности при определении уравнения связи между входными и выходными переменными в установившемся режиме работы объекта. Если не учитывать динамику объектов, то ошибка может оказаться настолько

большой, что полученная связь между параметрами не будет отображать зависимость, существующую в действительности

Наиболее простым способом учета динамики является замена реального объекта с эквивалентным запаздыванием, равным $\tau_{\text{экв}}$. Тогда при сборе данных для исследования взаимосвязи величин связанных через такой объект, интервал времени Δt разделения моментов регистрации параметров на входе и выходе объекта, может быть определена по графику взаимной корреляционной функции двух исследуемых параметров. По результатам наблюдений за входным параметром x и выходным параметром y в течение времени T с интервалом дискретности ΔT определяется оценка взаимной корреляционной функции $R_{xy}(k)$ для положительных k по формуле:

$$R_{xy}(k) = C_{xy}(k) / \sigma(x)\sigma(y),$$

где: $C_{xy}(k) = \frac{1}{n-k} \cdot \sum_{i=1}^{n-k} [x(t_i) - m_x^*][y(t_{i+k}) - m_y^*]$, $k = 0, 1, 2, \dots, n/2$,

$y(t_i); x(t_i)$ – значения выходных и входных параметров в момент времени t_i , $\sigma(x), \sigma(y)$ – среднеквадратичное отклонение, m_x^*, m_y^* – оценка математического ожидания.

Для отрицательных k оценка $R_{yx}(-k) = C_{yx}(-k) / \sigma(x)\sigma(y)$ рассчитывается по формуле:

$$C_{yx}(-k) = \frac{1}{n-k} \cdot \sum_{i=1}^{n-k} [y(t_i) - m_y^*][x(t_{i+k}) - m_x^*],$$

Для получения достоверных значений оценки, число n должно быть равным нескольким сотням.

По кривой $R_{xy}(k)$ находим время $\tau_{\text{экв}}$, при котором взаимная корреляционная функция достигает наибольшего значения. В этом случае погрешность, вносимая заменой реального объекта с эквивалентным запаздыванием, будет наименьшей.

На рисунке 1. показан график взаимной корреляционной функции температуры пара (VAR 1) от тока двигателя подачи топлива ПСУ – 4А (VAR 2), считанные с непрерывных записей с 10-секундным шагом.

Из графика видно, что взаимно - корреляционная функция принимает наибольшие значения при $\tau_{\text{экв}} = 210$ сек. При $\tau = 0$ имеем уравнение регрессии $y = (401,1 \pm 0.54) + (0.32 \pm 0.08) \cdot x$. При $\tau = 210$ сек получаем уравнение регрессии вида $y = (400,81 \pm 0.54) + (0.44 \pm 0.08) \cdot x$. Во втором случае погрешность, вносимая заменой реального объекта с эквивалентным запаздыванием, будет наименьшей. Статистический анализ коэффициентов регрессии с использованием критерия Стьюдента показал их значимость. Проверка уравнение регрессии с помощью критерия Фишера показала адекватность уравнения.

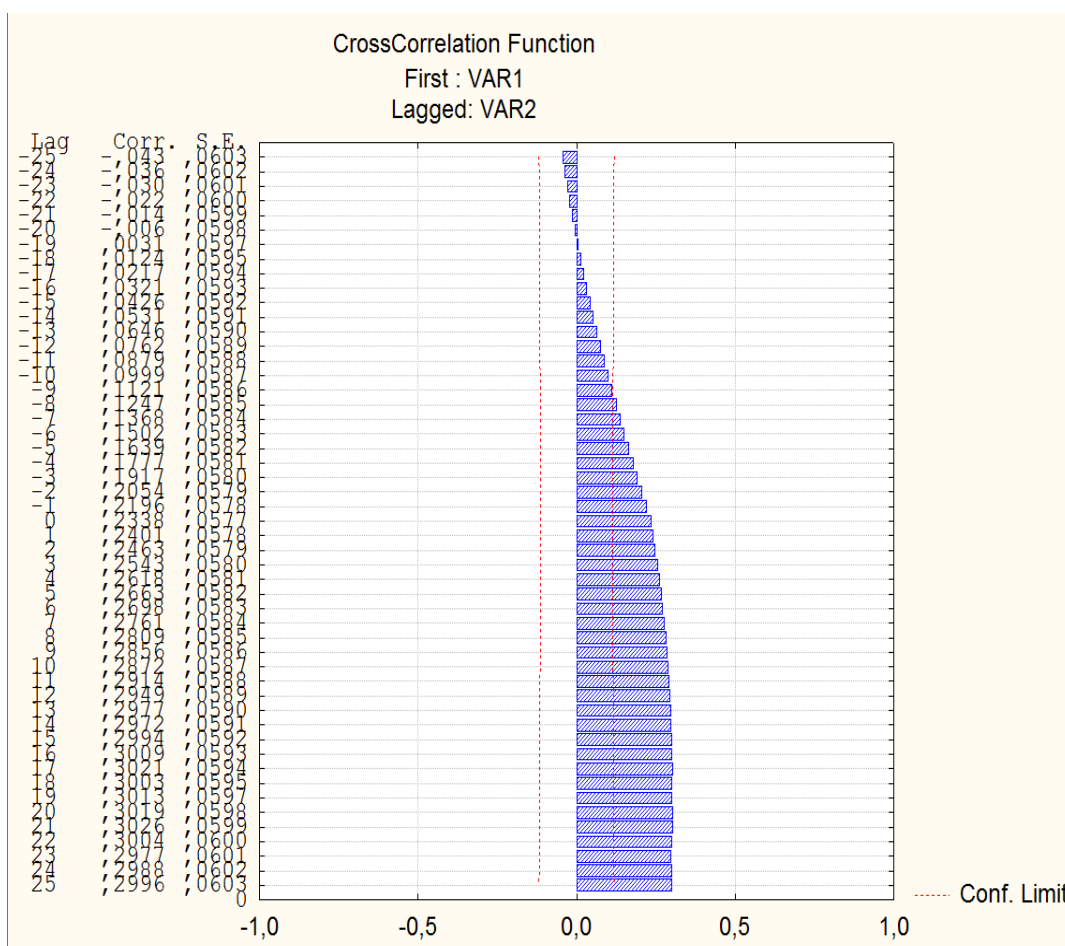


Рис.1 Взаимно - корреляционная функция

При вычислении корреляционной функции должны быть правильно выбраны значения времени наблюдения T , максимального времени корреляции τ_{max} , интервала дискретности получения информации ΔT и количества координат корреляционной функции в интервале $0 \leq \tau \leq \tau_{max}$.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Л.М. Ознобихин¹, В.А. Шагун², Ш.С. Куулар

¹к.т.н., доцент кафедры автоматизации производственных процессов ИрГТУ, г. Иркутск

²к.х.н., старший научный сотрудник лаборатории физической химии Института химии СО РАН, г.Иркутск

³студентка гр. АТП-08-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ,

Адсорбционные процессы широко распространены и уже давно известны. Адсорбция используется во многих технологиях, в том числе и для охраны окружающей среды. Поэтому на протяжении длительного времени

многими исследователями опубликовано огромное количество работ посвященных развитию теории и совершенствованию адсорбционных технологий. В настоящее время без экспериментальных данных нет возможности рассчитывать изотермы адсорбции. В этой связи работы, посвященные попыткам описать экспериментальные изотермы с помощью теоретических уравнений с соответствующими моделями адсорбции, продолжают оставаться актуальными.

Классические уравнения основоположников этого научного направления не получили должного развития, хотя публикации с математическим описанием теории адсорбции очень многочисленны.

Для математического описания теории адсорбции использована универсальная система уравнений, имеющая решение. Универсальность этой системы доказывается тем, что интерпретантами первого уравнения являются классические уравнения физики. Соответствие известных уравнений адсорбции уравнениям, которые вытекают из предложенной универсальной системы математических зависимостей показано с помощью изоморфизма. Используя понятия статистической физики, выведены уравнения для монослойной и полислойной адсорбции, а также общее уравнение изотермы адсорбции, частными случаями которого являются уравнения Ленгмюра и БЭТ, Динамизм процесса учитывает коэффициент, введенный в статическое уравнение Поляни

СЕКЦИЯ №3

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ НА СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

В.С. Кудисов¹, А.И. Садаева², В.П. Барышок³

¹студент гр. ХТО -10 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: vovakudisov@mail.ru

²студент гр. ХТТ -10 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: sadaeva-a@mail.ru

³д.х.н., профессор кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: baryshok@istu.edu

Основными вредными компонентами первично переработанной нефти, неблагоприятно влияющими на качество топлив и состояние окружающей среды, являются соединения серы. Их присутствие в нефтепродуктах вызывает коррозию аппаратуры, снижает активность антидетонаторов и антиокислительную стабильность топлив, повышает склонность к смолообразованию крекинг-бензинов и приводит к выбросу в атмосферу почти 80 млн. т диоксида серы.

На нефтеперерабатывающих заводах серу меркаптанов, полисульфидов и сульфидов из легких и средних дистиллятов легко удаляют в виде сероводорода на установках гидроочистки. Процесс гидроочистки менее эффективен для тяжелых нефтяных фракций, содержащих тиофен и его гомологи. Например, из 14,1 тыс. т соединений серы, содержащихся в 1 млн т западно-сургутской нефти почти 98% остаётся во фракциях, выкипающих при температуре от 200 до 400°C. Возрастающие требования к дизельному топливу по содержанию серы ($\leq 0,05$ мас. % сейчас, а в ближайшем будущем - $\leq 0,005$ мас. %) вынуждают искать альтернативные методы извлечения из него серы или её соединений.

До сих пор недостаточно изученным направлением обессеривания фракций нефти является селективное извлечение органических соединений серы, основанное на их специфической способности к комплексообразованию и высоком сродстве к сере некоторых металлов.

Нами исследовано влияние ряда неорганических веществ на способность к образованию с сераорганическими соединениями веществ, нерас-

творимых в углеводородах. В качестве нефтяной фракции (НФ) использовалось прямогонное дизельное топливо с содержанием серы 0,339%.

Энергичное встряхивание образца НФ с водным раствором иода при 20-22°C в течение 5-15 мин приводит к снижению содержания серы на 5-10%. Аналогичное использование системы I_2-SnCl_2 не оказалось более эффективным. В то же время перемешивание НФ с солями меди, цинка, алюминия, никеля(II), железа(II), олова и свинца до 100°C в течение 1-3 ч уменьшает содержание серы на 6-81%.

Работа выполнена при финансовой поддержке британской нефтегазовой компании Beyondpetroleum (BP).

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗРАБОТКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДОВ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

В. А. Чапига¹, А. А. Чайка²

¹ студент группы ХТО-10, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск

² к. х. н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: b-106@mail.ru

На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности одна из основных экологических проблем связана с необходимостью обезвреживания или утилизации загрязненных сернистыми соединениями отработанных щелочных растворов (СЩР) и водных технологических конденсатов (ТК), составляющих сернисто-щелочные стоки (СЩС). Они образуются при очистке газов пиролиза от сероводорода и диоксида углерода в производстве низших олефинов, при щелочной обработке сжиженных газов, бензиновых и керосиновых фракций в процессах нефтепереработки. На установках первичной переработки нефти, каталитического крекинга, замедленного коксования и др., где в технологическом процессе используется водяной пар, образуются загрязненные сероводородом водные технологические конденсаты.

Основные усилия в решении проблемы токсичных СЩС должны быть направлены не на поиск путей их обезвреживания, а на разработку мероприятий, позволяющих значительно снизить объемы их образования. Главными мероприятиями в этом направлении должны быть разработка рациональной схемы сероочистки с учетом качественного и количественного состава содержащихся сернистых соединений и использование прогрессивных малоотходных и безотходных технологий.[1]

С другой стороны процессы вторичной переработки (в том числе процессы гидроочистки), которые во многом определяют качественные

показатели получаемых нефтепродуктов, нерентабельно организовывать на мини-НПЗ.

Разработка нового электрохимического способа удаления соединений серы из нефти позволит сократить количество СЩС, а с другой стороны позволит производить на мини-НПЗ топлива высокого качества.

Существующие методы очистки нефти от серы можно разделить на два направления [2]:

- разрушение сераорганических соединений и их удаление из топлива;
- селективное извлечение органических соединений серы.

Первая группа методов предусматривает адсорбционно-каталитическое удаление серы в присутствии адсорбентов и катализаторов, а также удаление серы при помощи микроорганизмов.

Ко второй группе относятся экстракционные методы и способы окислительного десульфирования. Методы окисления основаны на модификации функциональных групп и давно используются для удаления сернистых соединений из нефтепродуктов, что связано с легкостью отделения углеводородов от кислородсодержащих продуктов окисления соединений серы. Перспективность метода окисления обусловлена возможностью практического использования образующихся сульфоксидов и сульфонов.

Используют два метода получения нефтяных сульфоксидов и сульфонов [3]. По первому методу из исходной нефтяной фракции экстракцией избирательными растворителями выделяют концентрат сульфидов, а затем подвергают его окислению до сульфоксидов или сульфонов. По второму методу окисляют сульфиды непосредственно в нефтяной фракции и извлекают сульфоксиды методом жидкостной экстракции.

Нефтяные сульфиды подвергаются окислению различными окислителями, такими, как серная и азотная кислоты, персульфат калия, окислы азота, гипохлориты, надкислоты, гидропероксиды, пероксид водорода, озон и молекулярный кислород.

Однако использование многих из названных окислителей в промышленности является неприемлемым из-за низкой селективности, малого выхода целевого продукта, побочных явлений или ограниченно приемлемым из-за недоступности и дороговизны окислителя.

Наиболее приемлемым и технологичным является метод, основанный на окислении сульфидов гидропирооксидами в присутствии доступных катализаторов, обеспечивающих высокую селективность и скорость процесса. Окисление нефтяных сульфидов в присутствии комплексного молибденового катализатора обеспечивает высокую скорость и селективность процесса получения нефтяных сульфоксидов, сульфонов и очистки дизельного топлива от сернистых соединений до 50%.

Оценивая вышеизложенное, можно сказать, что в настоящее время не существует метода, позволяющего эффективно и дешево очищать нефть от серосодержащих веществ. Поэтому необходима разработка способа

удаления серы из нефти, более эффективного, при меньших затратах и более простом оборудовании.

Одним из наиболее перспективных способов, позволяющим решить поставленную задачу, является использование электрических полей высокой напряженности с генерацией стримерного электрического разряда. Суть способа заключается в ионизации молекул, в частности, соединений серы, при обработке нефти в электрических полях высокой напряженности. В результате этого серосодержащие вещества становятся химически активными и легко вступают в химические реакции. При промывке обработанной нефти слабым раствором кальцинированной соды происходит связывание и удаление соединений серы [4].

Еще одним перспективным направлением исследований в данном направлении является процесс глубокой сероочистки бензина с помощью электрохимического каталитического окисления в реакторе кипящего слоя. Термодинамический анализ осуществимости данного процесса показал, что теоретическое напряжение реакций разложения в системе кислотного электролита колеблется в пределах от 0,1-0,5 V, и реакции сероочистки спонтанно протекать не могут. Однако реакция протекает самопроизвольно, когда электролитом служит водный раствор нитрата церия. В результате эксперимента были подобраны оптимальные условия десульфуризации. В этих условиях концентрация серы в бензине было сокращена с 310 до 50 ppm [5].

Библиографический список

1. А. Г. Ахмадуллина, Ю. Р. Абдрахимов, И. Н. Смирнов/ Обезвреживание использование сернисто-щелочных отходов нефтепереработки и нефтехимии. // Тематический обзор ЦНИИТЭнефтехим, выпуск 4, М. 1990, 50 стр.
2. Поконова Ю. В. Химия высокомолекулярных соединений нефти. Л.: ЛГУ, 1980, 172 с.
3. Караулова Е.Н. Химия сульфидов нефти. М.: Наука, 1970, 204 с.
4. Кожемякин Г. Б., Румянцев В. Р., Рибисайло Б. М., Ярошенко Е. М. Анализ методов снижения выбросов серы в атмосферу от металлургических агрегатов // Металургія. Збірник наукових праць. Вип. 19, 2009, 5 с.
5. Wenbo Wang, Shujun Wang, Hongyan Liu, Zhenxin Wang/ Desulfurization of gasoline by a new method of electrochemical catalytic oxidation// Fuel, Volume 86, Issues 17–18, December 2007, Pages 2747-2753

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

А.С. Ляхович¹, А.П. Шустов²

¹ магистрант гр. ОХПм-11-1, химико-металлургического факультета Ир-ГТУ, г.Иркутск, e-mail: a.lyakhovich@mail.ru

² магистрант гр. ОХПм-11-1, химико-металлургического факультета Ир-ГТУ, г.Иркутск, e-mail: A_Shustov@anhp.ru

В век современных технологий инженер-конструктор все еще ассоциируется с человеком, стоящим у кульмана с линейкой в руках, что совсем не соответствует действительности. Благодаря стремительному развитию информационных технологий в нашем распоряжении появились системы автоматизированного проектирования (САПР), основанные на принципе создания трехмерной модели проектируемого объекта с последующим получением из неё двухмерных чертежей.

На сегодняшний день используется большое количество программ, позволяющих повышать качество и сокращать сроки выпуска проектно-конструкторской документации. Ниже приведен список некоторых из них:

- HYSYS, СТАРТ — технологические расчеты, исследования и оптимизация процессов нефтепереработки, газопереработки и нефтехимии;
- FHR, Acol+, Tasc+ — проектные и поверочные расчеты кожухотрубчатых теплообменников, воздушных холодильников;
- ПАССАТ, РАМПА, PVP-Design — расчёт конструкции сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость, расчёт врезки штуцеров, расчёт трубопроводов;
- Продукты Autodesk – разработка чертежей в 2D и 3D моделях.

Что касается проектирования химического оборудования, в части расчета конструкции, наиболее удобна в применении программа PVP-Design.

Ее преимущество перед другими программами, предназначенными для расчета конструкции сосудов и аппаратов на прочность и устойчивость, заключается в возможности проводить расчет во всех режимах работы. Так же, благодаря широкой базе данных, мы имеем возможность в короткие сроки выполнить сборку аппарата и интегрировать его 3D-модель в графический редактор Autodesk Inventor. Затем, в графическом редакторе, создается двухмерный чертеж оборудования.

Autodesk Inventor Professional программный комплекс для машиностроительного 3D/2D проектирования, включающий в себя средства моделирования и инженерного анализа, выпуска конструкторской документации в соответствии с ЕСКД; средства обмена проектными данными и библиотеки стандартных компонентов [1].

Целью настоящего структурного статического анализа является минимизация веса модели. Создадим диапазон геометрических конфигураций, связанных с толщиной модели, чтобы упростить процесс оптимизации веса. Выберем в качестве параметра толщину исследуемой детали.

Для задания зависимости массы проекта укажем тип зависимости - минимизировать. Параметрические значения изменяются, демонстрируя конфигурацию с наименьшей массой, соответствующей указанным зависимостям. В данном случае исходное значение ширины профиля составляет 12 мм, а оптимизированное значение равно 9 мм, что, в свою очередь, уменьшает массу модели.



Применение рассмотренных пакетов прикладных программ позволяет полностью автоматизировать процесс разработки технических проектов как на стандартное, так и нестандартное химическое оборудование, что в свою очередь приводит к снижению трудозатрат и повышению качества выполняемых работ.

Библиографический список

1. Концевич В.Г. Твердотельное моделирование в Autodesk Inventor. — М.: ДиаСофтЮП, 2008. — С. 672.
2. Банах Д., Джонс Т., Каламейя А. Autodesk Inventor (+ CD-ROM) = Autodesk Inventor: Essentials Plus. — М.: Лори, 2007. — С. 752.

2,6-ДИ(1-АДАМАНТИЛ)-*n*-КРЕЗОЛ В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИНГИБИТОРА РАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА

Д.С.Руденко¹, До Тьем Тай², И.В.Петерсон³, Гоготов А.Ф.⁴

¹студент гр.ХТТ-09 кафедры химической технологии химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, E-mail: drudenko1992@gmail.com

²к.т.н., преподаватель Petrovietnam University (PVU), Hanoi, Vietnam, E-mail: taidc@pvu.edu.vn,

³к.х.н., м.н.с. Института химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, E-mail: ivan.peterson.krsk@gmail.com,

⁴ст.н.с. лаб. Прикладной химии ИрИХ СО РАН, г. Иркутск, E-mail: alfgoga@mail.ru

Процесс пиролиза нефтяных углеводородов сопровождается образованием не только целевых мономеров - этилена и пропилена, но и более тяжелых олефинов, диолефинов и винилароматических соединений. Жидкая фракция продуктов пиролиза при комплексной переработке служит источником пиролизного бензола. Одной из самых серьезных технологических проблем при переработке продуктов пиролиза и производствах различных мономеров является нежелательная термополимеризация непредельных компонентов жидких продуктов пиролиза или индивидуальных мономеров, что приводит к осаждению термополимеров на стенках оборудования. Как следствие, это приводит к сокращению межремонтного периода работы колонн, компрессоров, трубопроводов, кипятильников и т.д. Одним из вариантов снижения термополимеризации является использование ингибиторов данного процесса. Сегодня подавление нежелательной термополимеризации является неотъемлемым элементом современной технологии предприятий нефтехимии. Наиболее доступным и распространенным классом ингибиторов являются соединения фенольного ряда. Фенольные соединения обладают рядом несомненных преимуществ перед другими классами ингибиторов и, в первую очередь, универсальностью, то есть способностью эффективно работать как в отсутствии кислорода, так и

в окислительных процессах, что говорит о большой перспективе этого класса ингибиторов для разрабатываемых новых энергосберегающих технологий производства мономеров. Широко известно применение фенолов в различных процессах как антиоксидантов и стабилизаторов топлив, полимеров, пищевых продуктов и т.д. Среди фенолов, используемых в тяжелом органическом синтезе, наиболее широко представлены пространственно затрудненные фенолы (ПЗФ)

В последнее десятилетие в качестве ингибиторов предлагаются ПЗФ с объемными заместителями. Описаны терпенофенолы [1,2], метилбензилированные фенолы [3]. Они обладают повышенной ингибирующей способностью в сравнении с широко известным ионолом, не токсичны. В настоящем сообщении представлен новый структурный аналог ионола - 2,6-ди(1-адамантил)-4-метилфенол [4]. Адамантан и его производные могут быть получены для нефтехимических производств из собственного сырья – фракции ЦПД-ДЦПД, путём несложных каталитических превращений [5]. Синтез адамантилфенолов к настоящему времени уже достаточно хорошо освоен [6,7]. Ранее адамантилфенолы были успешно испытаны в качестве эффективных антиоксидантов [8].

По своему строению 2,6-ди(1-адамантил)-4-метилфенол представляет собой фенольное соединение, гидроксильная группа которого пространственно затруднена объёмными адамантильными заместителями в *орто*-положениях (рис.1).

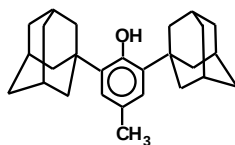


Рис.1 2,6-ди(1-адамантил)-*n*-крезол (ДАдКр)

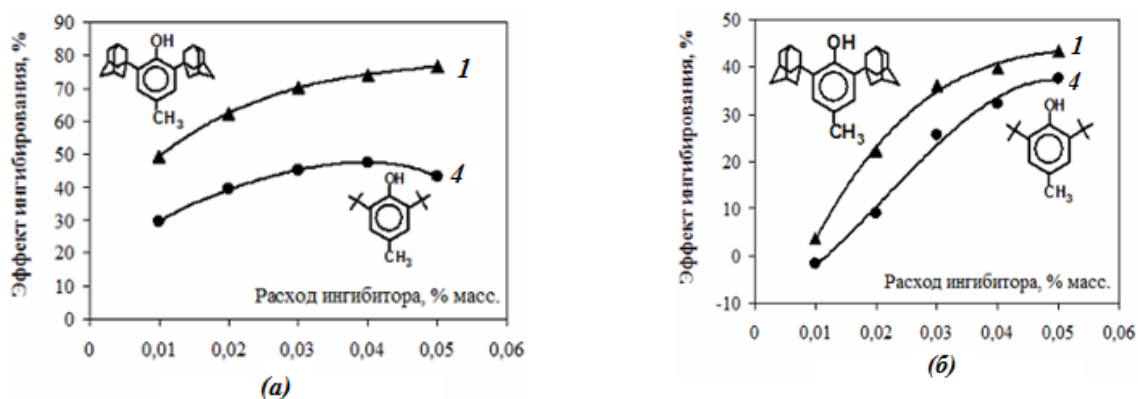


Рис.2. Ингибирующие показатели ионола (4) и 2,6-ди-(1-адамантил)-4-метил-фенола (1) на пироконденсатах колонн К-20 (а) и К-27 (б)

Общая формула $C_{27}H_{36}O$ ММ=376

При испытаниях ДАдКр на пироконденсатах колонн К-20 и К-27 производства ЭП-300 ОАО "Ангарский завод полимеров" предлагаемый ингибитор показал значительно более высокую ингибирующую активность в сравнении с ионолом (рис.2).

Таким образом, испытанное производное крезол показало свою высокую эффективность и перспективность для применения в качестве ингибитора нежелательной полимеризации при переработке жидких продуктов пиролиза.

Библиографический список

1. Пат. РФ № 2375342, 2009.
2. Пат. РФ № 2387631, 2010.
3. Шалыминова Д.П. Синтез метилбензилированных фенолов в присутствии сульфокатионитов и их антиоксидантная эффективность. Автореф. дисс. канд. техн. наук, Казань, 2011, 24 с.
4. Пат. РФ № 2460714, 2012.
5. Багрий Е.И. Адамантаны: Получение, свойства, применение. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
6. Соколенко В.А., Свирская Н.М., Когай Т.И. и др. // Журнал прикладной химии. – 2008. – Т. 81, № 3. – С. 524–525.
7. Пат. № 2458904 РФ, 2012.
8. Соколенко В.А., Свирская Н.М., Великов А.А., Сизова Н.В. // Кинетика и катализ. – Т. 43. – № 2. – 2002. – С. 205–208.

ПОДБОР СТАЛЕЙ ДЛЯ КОКСОВОЙ КАМЕРЫ СОВРЕМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Т. С. Паргачёва¹, С.Г. Дьячкова², А.В. Копарчук³

¹ магистрант гр. ОХПм-11-1 ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: BTS.86@mail.ru

² зав. кафедрой химической технологии, д.т.н., профессор

³ зав. отделом конструирования ОАО «ИркутскНИИхиммаш», г. Иркутск, e-mail: a.Koparchuk@himmash.irk.ru

На коксовые камеры в процессе эксплуатации действуют силовые, термические и динамические нагрузки, которые вызывают возникновение характерных дефектов в оболочке камеры: выпучен, гофр, трещин в сварных швах, плакирующем и основном слое металла.

Многие из коксовых камер эксплуатируемых в настоящее время на отечественных нефтеперерабатывающих заводах исчерпали свой ресурс и требуют замены, в связи с чем перед учеными и научно-исследовательскими институтами стоит задача по созданию модернизированной коксовой камеры.

Отсутствие или недостаток информации по материальному исполнению коксовых камер, является причиной принятия некорректных решений при выборе сталей для изготовления коксовых камер и влечет за собой по-

явление вышеуказанных дефектов и трещин, а также приводит к остановке установке замедленного коксования в целом. Стоимость ремонта и простой установок в таких случаях приносит значительный ущерб экономике завода. [1]

Учитывая вышеизложенное проведем анализ сталей применяемых для изготовления коксовых камер и выберем наиболее оптимальный вариант для создания современной конструкции.

Первые коксовые камеры выпущенные до 70-х годов и эксплуатируемые на отечественных нефтеперерабатывающих заводах изготавливались в основном из двухслойной стали 15К+08Х13 и 20К+08Х13.

Коксовые камеры эксплуатируемые на нефтеперерабатывающих заводах США тоже изготавливались из биметалла, причем основным металлом служила углеродистая сталь А-285, кремнеуглеродистая сталь SA-204 или SA-387, по своим свойствам и химическому составу аналогичная отечественным сталям 15К, 20К и 16ГС, а в качестве плакирующего металла используется сталь с 11-13 % содержанием хрома

Углеродистые котельные стали 15К и 20К пригодны для работы при температурах от минус 40°С до 475°С и любых давлениях, но уже через несколько лет работы в коксовых камерах появляются дефекты и трещины.

В связи с чем в 70-х годах и позже для изготовления коксовых камер стали использовать низколегированную сталь 16ГС+08Х13.

Сталь 16ГС+08Х13 в отличие от сталей 15К и 20К легче сваривается и отличается повышенной прочностью и ударной вязкостью, однако сталь 16ГС+08Х13 в изделиях склонна к трещинообразованию – это и является ее основным недостатком.

На нескольких установках были применены коксовые камеры изготовленные из стали 12Х18Н10Т. Наблюдения за их работой показали, что после непродолжительного (после пуска) срока работы на некоторых обечайках корпусов коксовых камер появились деформации в виде выпучин, которые достигли величин 40-45мм. В связи с тем, что эти дефекты произошли в течение всего лишь 5-ти лет эксплуатации с начала пуска, нельзя признать работу коксовых камер из этой стали удовлетворительной. Поэтому сталь 12Х18Н10Т не рекомендуется для изготовления коксовых камер.

Опыт эксплуатации коксовых камер из стали 09Г2С (без плакирующего слоя) на ОАО «АНХК» показывает, что данная сталь при эксплуатации в условиях термоциклических нагрузок склонна к образованию выпучин и трещин при выбранных толщинах стенок обечаек камеры. Однако положительным качеством камеры из стали 09Г2С является ее высокая ремонтпригодность.

После того как работу коксовых камер изготовленных из мягкой низкоуглеродистой стали признали неудовлетворительной, их стали изготавливать из низколегированных плакировочных материалов, таких как

углерод-1/2-молибдена и 11/4-хром-1/2-молибдена, с плакировочным слоем из стали 410SS, однако и они со временем претерпевали разрушение.

В настоящее время при изготовлении коксовых камер применяются стали с содержанием 21/4-хром-1-молибдена и других более высоколегированных сплавов, в основном двухслойная сталь SF387Gr12C12+SA (аналог отечественная сталь 12ХМ+08Х13), однако они находятся в эксплуатации только несколько лет и до сих пор не испытали достаточное количество циклов для того, чтобы продемонстрировать улучшение надежности аппарата [2,3].

Проанализировав вышеизложенное, считаем наиболее приемлемой для изготовления коксовых камер является сталь 12ХМ+08Х13.

Библиографический список

1 Тихонов А.А., Хайрудинов И.Р., Ягудин М.Н., Теляшев Э.Г. Состояние проблемы аппаратного оформления установок замедленного коксования. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. № 3. С. 28-31

2 J.W. Thomas. Coke drum cracking Experience // <http://www.cia-inspection.com>

3 Coby W Stewart, Aaron M Stryk and Lee Presley. Coke drum design. // PTQ Q3 2006

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т.В. Бадлуева¹, В.С. Хамадаев², А.Н. Чеснокова³, О.В. Лебедева⁴,
А.Э. Ржечицкий⁵, Н.А. Иванов⁶

¹студент гр. НТ-08-1, физико-технического института ИрГТУ, ²студент гр. НТ 09-1 физико-технического института ИрГТУ, ³научный сотрудник Научно-исследовательской части ИрГТУ, ⁴докторант, к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, ⁵ведущий инженер отдела лазерной физики и нанотехнологии Физико-технического института ИрГТУ, ⁶директор Физико-технического института ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: pozhid@istu.edu

В последнее время большое внимание ученых, как в нашей стране, так и за рубежом уделяется проблемам разработки мембранных материалов для водородных топливных элементов [1,2]. Для получения таких мембран одним из перспективных методов является золь-гель синтез, применение которого может быть направлено как на улучшение свойств уже

имеющихся, хорошо зарекомендовавших себя материалов, так и на разработку принципиально новых [3].

Целью данной работы являлось получение протонпроводящих мембран на основе сополимеров аллилглицидилового эфира этиленгликоля со стиролом (КС-1 и КС-2) с участием тетраэтоксисилана (ТЭОС) методом золь-гель синтеза и исследование их характеристик.

Как правило, протонпроводящая мембрана представляет собой пленку из полимера с гидрофобной основной цепью и кислотными группами в боковых цепях. Протонную проводимость обуславливает наличие в структуре способных к диссоциации кислотных групп. В качестве таких групп могут выступать сульфогруппы, фосфатные или карбоксильные группы. По способности к диссоциации предпочтительны сульфогруппы [4,5]. В связи с этим для придания протонпроводящих свойств было проведено сульфирование сополимеров КС-1 и КС-2 серной кислотой. Степень сульфирования контролировали по данным элементного анализа.

Мембраны на основе сульфированных сополимеров аллилглицидилового эфира этиленгликоля со стиролом (КС-1 и КС-2) были получены золь-гель синтезом по следующей методике: 0,0126 г сополимера КС-1 или КС-2 и 0,0294 г поливинилбутираля растворяли в 0,43 мл циклогексанона. К полученному раствору добавляли 0,0070 г тетраэтоксисилана (ТЭОС). Формирование мембран осуществляли из растворов сополимеров методом полива на лавсановую поверхность. После высушивания на воздухе мембрану отделяли от подложки и подвергали термической обработке при 90°C в течение 1 часа.

Полученные мембраны исследовали с помощью электронного микроскопа (JEOL JIB-Z4500, Япония) с энергодисперсионным рентгеновским детектором, позволяющим анализировать распределение химических элементов по поверхности образца. Согласно полученным данным, мембраны на основе сополимеров КС-1 и КС-2 и ТЭОС имеют глобулярную структуру и характеризуются однородным распределением серы по поверхности.

Характеристики протонной проводимости исследуемых мембран изучали методом импедансной спектроскопии, используя прибор «Z-500PX» («Элинс», Россия) двухэлектродным методом в частотном диапазоне 0.1 - 500 кГц. Измерения проводили при температуре 25°C и относительной влажности воздуха 75%. В результате проведенных исследований установлено, что полученные образцы обладают протонной проводимостью.

Авторы выражают благодарность д.х.н., профессору Ангарской государственной технической академии Раскуловой Т.В. за предоставление сополимеров для исследования.

Библиографический список

1. Fu R.-Q., Woo J.-J., Seo S.-J., Lee J.-S., Moon S.-H. Covalent organic/inorganic hybrid proton-conductive membrane with semi-interpenetrating po-

lymer network: Preparation and characterizations / Journal of Power Sources Vol. 179. 2008. P. 458–466.

2. Katoa M., Sakamotob W., Yogob T. Synthesis of proton-conductive sol-gel membranes from trimethoxysilylmethylstyrene and phenylvinylphosphonic acid / Journal of Membrane Science. Vol. 303, Issues 1–2. 2007. P. 43–53.

3. Нечитайлов А.А., Хамова Т.В., Шилова О.А. и др. Свойства протопроводящих материалов, формируемых золь-гель методом // Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82. № 6. С. 931–934.

4. Иванчев С.С., Мякин С.В. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства. // Успехи химии. 2010. Т.79. №2. С.117-134.

5. Добровольский Ю.А., Волков Е.В., Писарева А.В., Федотов Ю.А., Лихачев Д.Ю., Русанов А.Л. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов. Российский химический журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2006. Т.1. №6. С.95-104.

ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ПОТЕРЯМИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

А.Я. Рыбкин¹, С.Г. Дьячкова²

¹аспирант химико-металлургического факультета ЗФО,

²д.х.н., зав. Кафедрой химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: dyachkova@istu.edu

Проблема уменьшения потерь нефтепродуктов при их хранении в товарных парках – одна из актуальных задач современной нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отрасли.

В настоящей работе был проведен мониторинг и изучено влияние на сохранность нефтепродуктов и загрязнение окружающей среды таких технических средств сокращения потерь от испарения, как диски-отражатели, газоуравнительные системы и покрытия, плавающие на поверхности нефтепродукта.

В ходе экспериментов, проведенных в промышленных условиях с резервуарами, снабженными дисками-отражателями было показано, что диски-отражатели сокращают потери от испарения, в основном, при «больших дыханиях» из резервуара в теплые месяцы года (весна, лето, осень); процент сокращения потерь дисками может значительно колебаться даже для одного и того же резервуара в зависимости от условий проведения операций; увеличения эффективности дисков-отражателей можно достичь, уменьшая время простоя резервуара и увеличивая коэффициент использования емкости резервуара, особенно уменьшая уровень в конце выкачки («мертвый остаток»).

По результатам проведенных экспериментов с резервуарами, снабженными понтонами сделаны следующие выводы: сокращение потерь бензинов на 70...80% при применении понтонов достижимо только на резервуарах большой емкости; понтоны наиболее целесообразно применять при эксплуатации резервуаров, работающих в режиме «прием-отпуск» (головные перекачивающие станции магистральных нефтепродукто-проводов); наиболее эффективно применение понтонов в резервуарах, где поддерживаются пониженные уровни «взлива» нефтепродукта.

В условиях рыночной экономики к выбору средств сокращения потерь нефтепродуктов необходимо подходить с учетом не только достигаемого эффекта (в данном случае – уменьшение выбросов углеводородов в атмосферу), но и стоимости изготовления (приобретения) и эксплуатации данного средства. Положительный экономический эффект от применения средств сокращения потерь достигается только в том случае, если удельные приведенные затраты на предотвращение потерь одной тонны нефтепродукта ниже его обобщенной цены.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ТЕХНОЛОГИИ СВЧ-ТЕРМОЛИЗА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

С.В. Гунич ¹, Е.В. Янчуковская ², Н.И. Днепровская ³

¹ директор технический ООО «Инженерно-технические системы», г. Москва, e-mail: e.t.systems@mail.ru

² к.т.н., доцент кафедры химической технологии НИ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: lenyan@istu.edu

³ магистрант гр. ОХПм-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: nataliladyvip@mail.ru

Применение СВЧ-энергии приобретает значительную актуальность в химических процессах благодаря повышению эффективности теплопередачи, особенно в таких энергоемких технологиях, как пиролизная переработка отходов производства и потребления. В частности, разработка технологии СВЧ-термолиза утилизации древесных, растительных, органических и полимерных отходов уже на опытно-полупромышленной стадии доказала высокую энергоэффективность предложенного способа утилизации в сравнении с аналогами.

Схема опытно-полупромышленной установки по утилизации несортированных твердых бытовых отходов (ТБО), разработанной специалистами кафедры химической технологии ИрГТУ совместно со сторонними организациями, представлена на рис. 1.

Основным объектом исследований является печь карбонизации, которая состоит из СВЧ-генератора, соединенного металлическим волноводом и радиопроницаемой мембраной с закрытой камерой термодеструкции, обогреваемой топочными газами от сжигания газообразного топлива (сжиженный пропан-бутан). Масса разовой загрузки ТБО в камеру карбонизации составляет 20-25 кг (крупность 1...10 мм, влажность 10-40% масс.). Оптимальное время переработки разовой загрузки отходов в конечный товарный продукт (карбонизат, или углеродное вещество) составляет 10-12 часов (с учетом «холодного» пуска печи и разогрева). В связи с расхождением теоретических расчетов и практических результатов процесса, относящегося к разряду инновационных, номинальная производительность пилотной установки может достигать 50 кг/сутки.

Обнаружено, что при комбинации традиционного метода разложения отходов в закрытой камере при температуре 500-900°C без доступа воздуха и активации отходов электромагнитным полем частотой 2,45 ГГц общая скорость деструкции отходов сокращается на 40%, материальные затраты на топливо (при обогреве сжиженными углеводородными газами) сокращаются до 70% (расход пропан-бутана в баллонах емкостью 50 л и давлением 1,6 МПа составил 1,25-1,5 л/час). Суммарное потребление электроэнергии составляет 0,75 кВт·час/кг ТБО.

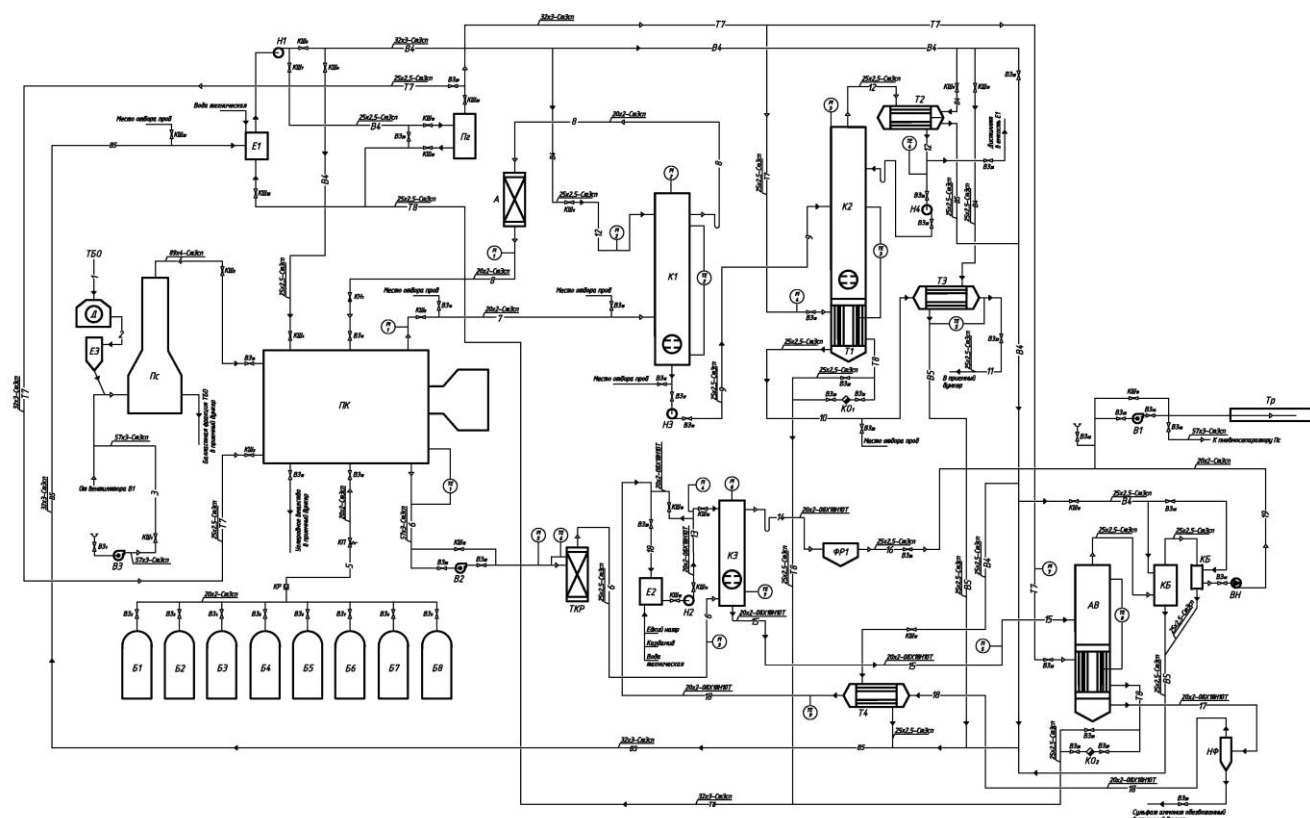


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема экспериментальной установки:

Б1-8 – баллоны газовые, В1-3 – газодувки центробежные, Н1-4 – насосы центробежные, Е1-4 – емкостные бункеры расходные, Д – дробилка,

Пс – пневмосепаратор, ФР – фильтр рукавный, Пг – парогенератор, Т1-4 – теплообменники кожухотрубчатые, К1-3 – колонны ректификационные, А – адсорбер, ТКР – реактор термokatалитический, Тр – труба отвода дымовых газов, АВ – выпарной вакуум-кристаллизатор, КБ – конденсатор барометрический, НФ – нутч-фильтр. Потоки: 1 – ТБО фракции 1...400 мм, 2 – ТБО фракции 1...5 мм, 3 – воздух, 4 – легкая фракция ТБО (менее 1100 кг/м³), 5 – газообразное топливо (пропан-бутан), 6 – дымовые газы, 7 – газы термодеструкции, 8 – несконденсированные газы, 9 – водно-смоляная эмульсия, 10 – кубовый остаток, 11 – темное печное топливо, 12 – вода промывная, 13 – реагент, 14 – дымовые газы очищенные, 15 – сульфат аммония растворенный, 16 – дымовые газы осушенные, 17 – сульфат аммония упаренный, 18 – реагент непрореагировавший, 19 – паровоздушная смесь.

Основным методом исследований является измерение массы исходных веществ и массы продуктов реакции гравиметрическим способом. Практический выход основных продуктов реакции утилизации от первоначальной массы отходов при влажности 40% (масс.) определяется следующими значениями: 30-40% (масс.) – углеродное вещество, являющееся полупродуктом для производства активированного угля, литейного кокса и пигментов-красителей; 40-50% (масс.) – горючие газообразные углеводороды и их окисленные формы, являющиеся топливным продуктом; 10-30% (масс.) – жидкие углеводороды в составе смолы и конденсата, являющиеся аналогом темного печного топлива.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПАУНДИРОВАНИЯ БЕНЗИНОВ НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Е.Е.Албаева¹, Д.В. Медведев², В.Н.Сапрыгина³

¹ студент гр. ХТТ -08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: albaeva-ekaterina@rambler.ru

² студент гр. ХТТ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск

³ к.х.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск

В настоящее время одной из актуальных задач в нефтепереработке является улучшение экологических и эксплуатационных характеристик автомобильных бензинов. Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) решают эту задачу путем строительства новых и модернизации уже имеющихся установок по производству высокооктановых компонентов бензинов. Так, на НПЗ Ангарской нефтехимической компании в 2010 году введена в эксплуатацию установка изомеризации, в настоящее время планируется сдача

в эксплуатацию установки сернокислотного алкилирования для производства алкилата – высокооктанового компонента бензинов (ИОЧ 97, МОЧ 94-95). Алкилат имеет фракционный состав близкий к фракционному составу товарных бензинов, что позволяет, при его введении, равномерно распределить высокооктановые компоненты по всей массе бензинов. Производство алкилата позволяет нефтепереработчикам производить более качественные бензины, соответствующие требованиям технического регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» от 31.12.2012 года.

На большинстве НПЗ, в настоящее время, не сданы в эксплуатацию установки алкилирования. В связи с этим не теряют своей актуальности оксигенаты [1,2]. К оксигенатам относятся: простые эфиры (метил-трет-бутиловый (МТБЭ), этил- трет-бутиловый (ЭТБЭ) и др.), алифатические спирты (этанол, изопропанол, бутиловые спирты). Наиболее распространено использование в качестве высокооктановых компонентов МТБЭ и этанола. Этанол, из всех антидетонаторов, является наиболее исследованным и многотоннажным оксигенатом [2].

Основным недостатком спирто-бензиновых топлив является фазовая нестабильность, обусловленная гигроскопичностью спиртов. Введение стабилизирующих добавок в систему бензин-спирт-вода обеспечивает фазовую стабильность при производстве автомобильных бензинов. В ряде работ в качестве соразтворителей предлагается использовать алифатические спирты C_3 - C_{12} нормального и разветвленного строения, алкилацетаты, простые и сложные эфиры, кетоны, амины, а также показано, что сивушные масла (отходы в производстве спиртов) являются хорошими стабилизаторами спирто-бензиновых топлив [2].

Значительно меньше исследована возможность введения оксигенатных композиция в бензины на автозаправочных станциях (АЗС)

Ранее нами были разработаны оксигенатные композиции, введение которых в товарные бензины позволяет увеличить их октановое число (ОЧ) с АИ 92 до АИ 95, при этом основные показатели соответствуют требованиям ГОСТ 51866-2002 «Топлива моторные. Неэтилированный бензин. Технические условия».

При получении товарных бензинов основными высокооктановыми компонентами являются бензин риформинга и каталитического крекинга, у которых, несмотря на высокие октановые числа, фракционный состав и ряд других показателей не соответствуют требованиям ГОСТа. В связи с этим в настоящей работе предлагается вводить оксигенатные композиции не в товарные бензины, а в смесь бензинов каталитического крекинга и риформинга (далее базовый бензин).

На основании проведенных исследований нами показано, что использование композиций позволяет отрегулировать фракционный состав, довести ДНП до требований ГОСТа, а также снизить содержание аромати-

ческих углеводородов. В связи с гигроскопичностью спиртов предлагается вводить оксигенатные композиции непосредственно на АЗС в базовые бензины. Нами разработаны технологические схемы по введению оксигенатных композиций на АЗС.

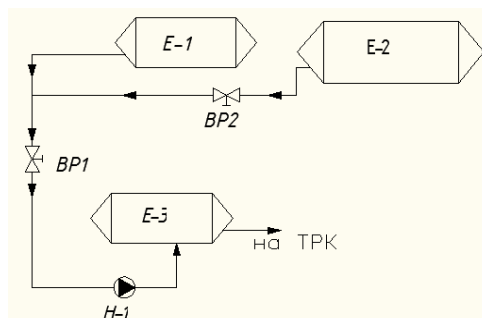


Рисунок 1- Приготовление одной марки бензина при введении одной композиции

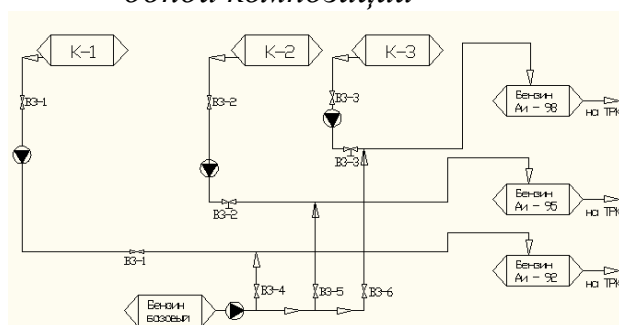


Рисунок 2 – Приготовление нескольких марок бензинов с использованием разных композиций

Предлагаемые схемы (рис. 1,2) могут применяться в нескольких вариантах, как для приготовления одной марки бензина, так и нескольких марок с разными октановыми числами с применением одной или нескольких композиций.

Библиографический список

1. Албаева Е.Е. Получение оксигенатных высокооктановых композиций для товарных бензинов / Е.Е. Албаева, В.Н. Сапрыгина // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 24-25 апреля). Иркутск: изд-во ИрГТУ, 2012.- с. 128-129.
2. Капустин В.М. Оксигенаты в автомобильных бензинах / В.М. Капустин, С.А. Карпов, А.В. Царев. – М.: КолосС, 2011. – 336с.

ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ СИТЕМ

Ю. В. Придатченко¹, Е.М. Шуваева¹, А.А. Яковлева²

¹студентки гр. ХТОБ-11-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail

²д.т.н., профессор кафедры химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail ayakov@istu.edu

Физическое моделирование и в настоящее время может считаться не утратившим важность методом изучения сложных химико-технологических процессов. При этом в основе описания системы лежит критериальное уравнение, представляющее связь между определяющими и определяемыми величинами. Для меры отношения инерционных сил установившегося движения к силам трения, обусловленным вязкостью, в критериальном уравнении используется число Рейнольдса: $Re = \frac{V \cdot L \cdot \rho}{\eta}$, где V – скорость потока, η , ρ – вязкость и плотность, L – характерный размер.

Экспериментальное определение вязкости жидкости в большинстве случаев не представляет особых сложностей и может осуществляться с помощью капиллярного вискозиметра. Таким образом, измерение вязкости жидкости является составной частью сложных исследований, а так же простейшим видом самостоятельных реологических исследований.

Целью данной работы является отработка методики определения вязкостиводно-глицериновых смесей вискозиметрическим методом.

Опыты проведены при 22° С (табл.1). В качестве стандартной использовали дистиллированную воду, расчеты проводили по соотношению $\eta = \eta_0 \frac{\rho \cdot \tau}{\rho_0 \cdot \tau_0}$, в котором η , ρ , τ и η_0 , ρ_0 , τ_0 – вязкость, плотность и время истечения исследуемой и стандартной жидкостей. Время истечения жидкости τ_{cp} определяли как минимум из трех параллельных измерений

Таблица 1

с, %	0	10	25	50	75	100
τ_{cp} , с	25	33	49	126	912	5640
η , мПа·с	1,005*	1,3265	1,9295	5,0652	36,180	226,73 1490*
$\eta_{отн}$	-	1,3194	1,9209	5,0398	36,0	-
$\eta_{уд}$	-	0,3199	0,920	4,040	34,701	-
$\eta_{пр}$	-	0,03199	0,0368	0,0808	0,4623	-
* справочные значения вязкости						

Для каждой концентрации глицерина рассчитывали значение относительной погрешности ε по формуле $\varepsilon = \frac{\eta_{теор} - \eta}{\eta_{теор}} \times 100 \%$, исходя из того,

что вязкость раствора обладает аддитивным свойством и теоретические значения $\eta_{\text{теор}}$ можно определить по формуле

$$\eta_{теор} = \eta_1 \cdot N_1 + \eta_2 \cdot N_2,$$

в которой η_1 и η_2 – вязкость воды и глицерина; N_1 и N_2 – мольные доли воды и глицерина.

С учетом знака ε вычислили среднее значение относительной погрешности опытов, оказавшееся достаточно высоким, поэтому было решено, не учитывать в расчетах опыт с чистым глицерином, – погрешность опытов в этом случае не превышает 5 %.

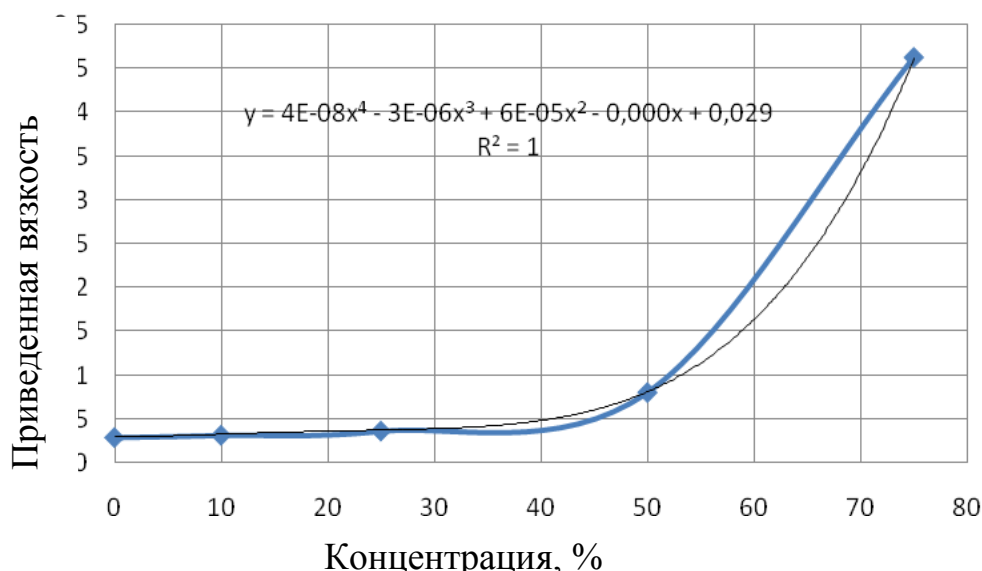


Рис 1. Определение характеристической вязкости глицерина в воде

Таким образом, при отработке методики работы «Исследование вязкости дисперсной системы» установлено, что высокой точность измерений будет при небольших значениях времени истечения растворов разной концентрации. При этом рекомендуется диапазон концентраций глицерина в пределах от 5 до 50 %. Выполненная работа, во время которой студенты освоили метод исследования реологических свойств, носит прикладной характер. Результаты позволили усовершенствовать методику и адаптировать ее для лабораторного практикума, так как проведен хронометраж, составлен список необходимой химической посуды, откорректирована последовательность выполнения работы и расчетов по результатам эксперимента.

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т. А Звонарева¹, М. Л. Бахматов¹, В.В. Баяндин²

¹ студент гр. ХТТб-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: tatyana.zvonareva@bn.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии, ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: bayandinvv@yandex.ru

В связи с остро обострившимися экологическими проблемами и необходимостью экономии энергии ставятся задачи поиска альтернативных способов получения энергии и развития водородной энергетики, в том числе по разработке новых топливных элементов (ТЭ).

В водородно-воздушном (водородно-кислородном) топливном элементе происходит преобразование энергии, выделившейся при окислении водорода кислородом до воды, в электрическую и тепловую энергию.

Топливные элементы и созданные на их основе энергоустановки обладают целым рядом преимуществ по сравнению с тепловыми генераторами [1]:

- возможность снижения вредных выбросов более чем на порядок;
- высокий КПД (вплоть до 90%) превращения топлива в электрическую энергию;
- бесшумность работы;
- возможность использования различных видов топлива (H_2 ; H_2+CO , CH_4 и др.; H_2+MeOH).

В зависимости от природы применяемого электролита топливные элементы бывают [1]:

- щелочные – 30%-ный КОН;
- фосфорно-кислотные – 98%-ная H_3PO_4 ;
- карбонатно-расплавные – $Li_2CO_3+K_2CO_3$;
- твердооксидные – $ZrO_2+Y_2O_3$;
- твердополимерные – полимерная мембрана.

В щелочных ТЭ необходимо использовать чистый водород H_2 , а воздух должен быть очень тщательно очищен от CO_2 во избежание карбонизации электролита.

Недостатком фосфорнокислотных ТЭ является трудность предотвращения деградации слоев катализатора на электродах и разрушение пористой матрицы, используемой для иммобилизации H_3PO_4 .

Применение карбонатно-расплавленных ТЭ ограничено сложностью удержания карбонатного расплава в пористой матрице и недостаточной устойчивостью конструкционных материалов при рабочих температурах 620-650°C.

В твердооксидных топливных элементах также необходима высокая рабочая температура – 800-1000 °С.

В настоящее время наиболее существенные успехи достигнуты в создании ТЭ на основе полимерных электролитов в виде тонких мембран. Используемые мембраны в первую очередь должны обладать высокой ионной (протонной) проводимостью и низкой проницаемостью по отношению к используемому топливу или его компонентов и окислителю. В качестве мембран наибольшее распространение получили фторированные полимерные протонпроводящие мембраны типа Нафион [3]:



Y = F или CF₃; R = F или C_mF_{2m+1} (m = 1-10); Z = F, OH, OMe, NH₂; n = 1-3.

К сожалению, данный сополимер получают сложным шестистадийным синтезом, и каждая стадия характеризуется невысоким выходом, что приводит к значительному удорожанию такого материала. Также данная мембрана не может эксплуатироваться выше 100 °С, что, по-видимому, связано не столько с собственной термической устойчивостью полимерного электролита, сколько со способностью мембраны сохранять в этих условиях воду, которая непосредственно участвует в транспорте протона водорода [1].

Помимо фторсодержащих сополимеров в качестве мембраны для ТЭ также испытывались полимеры на основы:

- различных сульфированных и алкилсульфированных ароматических конденсационных полимеров [1, 2];
- гибридных мембранных систем, полученных золь-гель-методом на основе мостиковых полисилоксанов с кислотными фрагментами фосфорной и фосфорновольфрамовой кислоты [1];
- комплексы кислотно-основных полимеров [2].

Но данные мембраны смогли показать лишь удовлетворительные результаты по протонной проводимости и прочностными характеристиками по сравнению с мембраной Нафион, хотя некоторые из них нашли практическое применение.

Поэтому по-прежнему остается актуальным вопрос создания протонпроводящей мембраны, обладающей высокой протонной проводимостью и эксплуатационными характеристиками и невысокой стоимостью.

Для решения этой задачи мы предлагаем использовать сульфированный поливинилхлорид (ПВХ). ПВХ – это крупнотоннажный полимер с относительно невысокой стоимостью, а сульфогруппа содержит подвижный протон водорода. На основе данного полимера можно получить мембрану с высокой протонной проводимостью и прочностными характеристиками по доступной цене.

Библиографический список

1. Мякин С.В., Иванчёв С.С. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства. успехи химии, 79 (2), 2010, С. 117-134.
2. Добровольский Ю.А., Волков Е.В., Писарева А.В., Федотов Ю.А., Лихачев Д.Ю., Русанов А.Л. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов. Рос. хим. ж., №6, С. 95-104.
3. Шаглаева Н.С., Баяндин В.В., Ушакова Н.И. Полимерные протонпроводящие мембраны для топливных элементов. Вестник ИрГТУ, 46, №9, С. 156-161.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИОКСИДА ГЕРМАНИЯ С МОЛОЧНОЙ И ВИННОЙ КИСЛОТОЙ В ПРИСУТСТВИИ АМИНОВ

Л.Н. Тхюи Занг¹, В.П.Барышок², М.Г. Воронков³

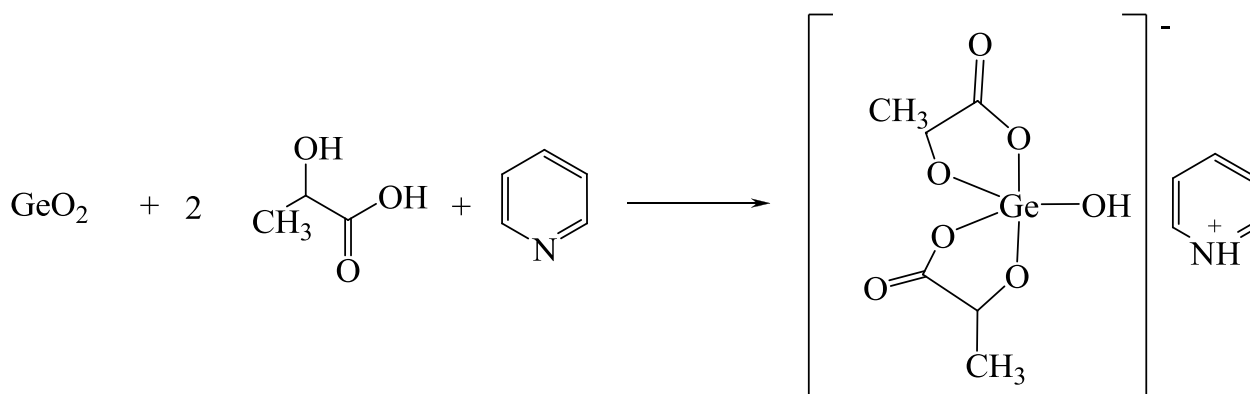
¹аспирант кафедры химической технологии химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: lenhatthuygiang@yahoo.com

²д.х.н., профессор кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: baryshok@istu.edu

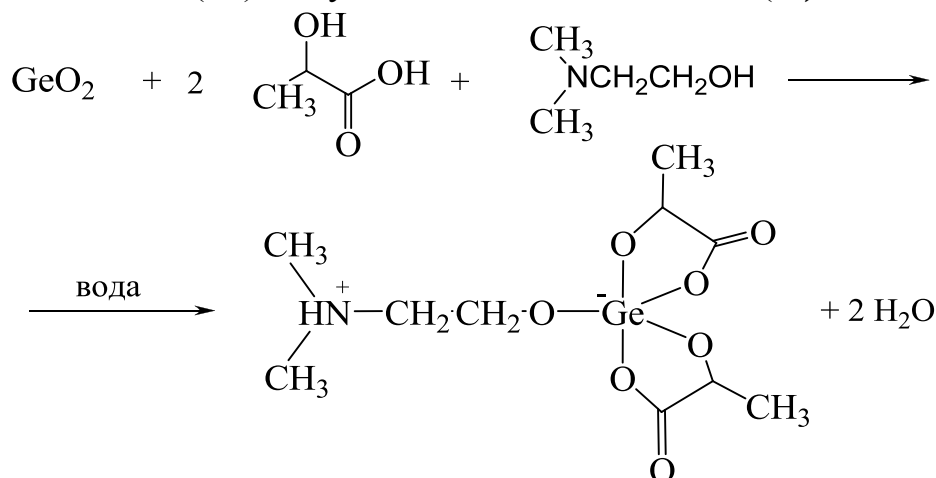
³ д.х.н., советник РАН при Иркутском институте химии СО РАН, г. Иркутск, e-mail: voronkov@irioch.irk.ru

Соединения гиперкоординированного атома германия являются перспективными лекарственными средствами [1].

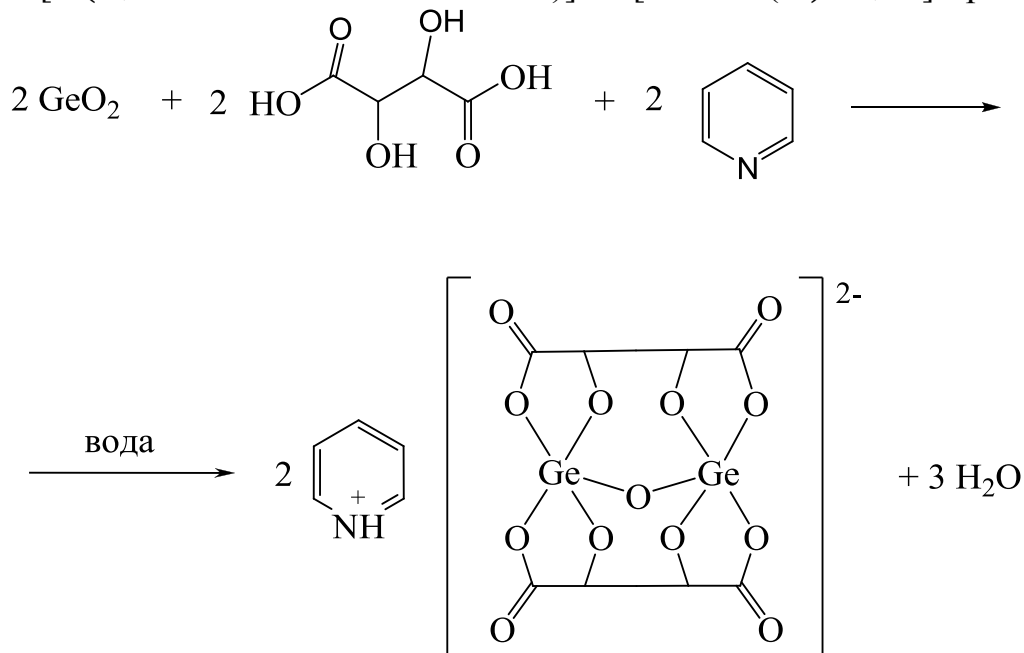
При взаимодействии органилтриалкоксигерманов с 2-оксикарбоновыми кислотами или винной кислотой в присутствии циклогексиламина в о-ксилоле синтезированы бис(О,О')хелатоорганилгерманаты[2]. Нами установлено, что соединения этого типа образуются из диоксида германия в водной среде.



Двуокись германия реагирует с молочной кислотой и пиридином в водном растворе, образуя спироциклический комплекс пентакоординированного атома Ge(IV) с двумя бидентатными лактато(2-)- O^1, O^2 -лигандами



Использование 2-(N,N-диметиламино)этанола вместо пиридина приводит к [2-(N,N-диметиламмониеэтокс)]бис[лактато(2-)- O^1, O^2]германату



При взаимодействии эквимольных количеств диоксида германия, D-винной кислоты и пиридина образуется гермоксан, в котором оба атома Ge пентакоординированы:

Строение и состав полученных соединений подтверждены методами ИК-, ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии и данными элементного анализа.

Библиографический список

1. Lukevics E., Ignatovich L.// The Chemistry of organic germanium, tin and lead compounds /Ed. Rappoport Z. Chichester: Wiley, 2002. V.2. P. 1653.
2. Фан Хунцэ. Новые органические внутрикомплексные соединения кремния и германия на основе альфа-амино- и альфа-гидроксикислот: автореферат дис. ... кандидата химических наук. Москва, 2012.- 24 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ РИФОРМИНГА

Е.В. Белоусова¹, В.Н. Сапрыгина², О.В. Белозерова³

¹ студент гр. ХТТ-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail:elen.belousowa2010@yandex.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск

³ к.х.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск

В настоящее время в России эксплуатируется около 50 установок каталитического риформинга, при этом преобладающей является технология процесса со стационарным слоем катализатора, разработанная в ОАО «ВНИИНефтехим».

На ряде НПЗ России при замене отработанного катализатора решается задача выбора наиболее эффективного катализатора, основываясь на показателях работы катализаторов как зарубежных, так и отечественных фирм.

В последнее время в связи с ужесточением экологических требований к состоянию окружающей среды процессы риформинга стали переориентироваться на выпуск высокооктановых компонентов бензинов с повышенным содержанием в них изопарафинов и относительно уменьшенным содержанием ароматических углеводородов. Это связано с тем, что, кроме повышенной токсичности самих аренов, продукты их неполного сгорания содержат полициклические соединения – сильные канцерогены. Для снижения содержания ароматических углеводородов в бензиновой фракции в настоящее время разработаны катализаторы с высокой изомеризирующей активностью процессов каталитического риформинга.

Платиновый компонент катализатора обладает дегидрирующей функцией, ускоряет реакции гидрирования и дегидрирования, а также способствует образованию ароматических углеводородов и удалению промежуточных продуктов, увеличивающих коксообразование. Содержание платины обычно составляет 0,3—0,65 вес.%; при снижении содержания платины уменьшается устойчивость катализатора против ядов. В тоже время чрезмерное содержание металла нежелательно: при повышении концентрации платины усиливаются реакции деметилирования и расщепления нафтеновых углеводородов. Другим фактором, ограничивающим содержание платины в катализаторе, является ее высокая стоимость [1]. В таблице 1 представлены данные по выпускаемым зарубежным катализаторам RG-482, RG-582, RG-682 и отечественному катализатору ПР-71.

Таблица 1 - Основные технологические параметры эксплуатации катализаторов серий RG и ПР [2]

Катализатор	RG-482	RG-582	RG-682	ПР-71
Температура испытания, °С	480	480	480	480

Водород, %об.	83,1	84,9	86,2	87,0
Степень изо- меризации, %	41	40	41	44
Степень аро- матизации, %	27,6	27,63	27,5	29,3
Арены, %масс.	61,0	61,73	61,6	64,6
Октановое- число(ИМ)	94,6	94,8	94,7	96,4
Выход ри- формата, % масс.	84,0	86,1	87,7	88,9

Зарубежные катализаторы RG-482, RG-582, RG-682 во многом схожи с отечественным катализатором ПР-71. В тоже время ПР-71 обладает высокой активностью и селективностью. О стабильности катализатора можно судить по изменению констант скоростей целевых реакций, т.е. ароматизации и изомеризации. Степень ароматизации при 480°С на катализаторе ПР-71 выше, чем на RG-682 на 1,7 %. Выход риформата отечественного катализатора ПР-71 составил 88,9 % масс., а у зарубежного катализатора RG-482 составил 84 % масс.

При анализе режимных и аналитических показателей эксплуатации промышленных установок риформинга при давлении 13,0 -14,5 кгс/см² [3] с применением зарубежных катализаторов RG-482/ RG-592 и отечественных ПР-51 +(ПР-71) показывает, что они достаточно близки: 50%-я точка кипения достаточно высока и колеблется в пределах 127-131°С; конец кипения практически одинаков 173-178°С; объёмная скорость подачи сырья в обоих случаях слишком низкая. И в тоже время применение катализаторов ПР-51+(ПР-71) позволяет увеличить выход стабильного катализата, снизить число регенераций, концентрация водорода составляет 84,2 % об., по сравнению с концентрацией водорода 82 % об. достигаемой при применении катализаторов RG-482/RG-592.

Библиографический список

1. Каталитический риформинг углеводородов. / Под ред. Проф. Кузьминой Р.И. – Саратов: Изд-во СЮИ МВД России, 2010. -252с.: ил.
2. Компьютерное прогнозирование работы промышленных катализаторов процессов риформинга и изомеризации углеводородов бензиновой фракции: учебное пособие / Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Шарова Е.С., Чеканцев Н.Д., Полубоярцев Д.С.; Томский политехнический университет.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.- 129с.
3. Крачилов Д.К., Тишкина О.Б. , Ёлшин А.И., Кузора И.Е, Гурдин В.И. Анализ показателей работы российских и зарубежных катализа-

АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Соболева К.Н.¹, Кудайкин В.В.², Хомченко М.Н.³, Губанов Н.Д.⁴

¹ магистрант гр. ОХПм-11-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: k_mamontova@anhr.ru

² магистрант гр. ОХПм-11-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v_kudaikin@anhr.ru

³ магистрант гр. Эком-12-1 института недропользования ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: marusya38rus@mail.ru

⁴ к.т.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: gubanov_nd@istu.edu

По разведанным запасам минерального сырья Россия занимает лидирующие место в мире. Среди всех минеральных ресурсов запасы природного газа, газоконденсата и нефти являются основными источниками энергии, что, в свою очередь, поддерживает их постоянный спрос и обеспечивает высокую цену. Нефтегазовая отрасль является основной доходной статьей бюджета многих регионов России и государства в целом. Проектирование объектов нефтегазовой отрасли – сложный многоступенчатый процесс, в ходе которого необходимо учитывать совокупность разноплановых факторов. Основными факторами, влияющими на процесс проектирования, являются бюджет проекта, местоположение объекта, характеристика сырья и условий работы. Приоритетом при проектировании объектов нефтегазовой отрасли является промышленная безопасность, так как они являются потенциальными источниками опасности как для окружающей среды, так и для персонала производства и населения близлежащих населенных пунктов [1].

Высокие требования по промышленной безопасности минимизируют риски возникновения аварийных ситуаций на производстве, но несовершенство законодательной базы в области промышленной безопасности, сложность научно-технической документации приводят к неэффективности проектирования. Следует отметить, что проектирование и эксплуатация объектов нефтегазопереработки осуществляются в соответствии с нормами и правилами безопасности, сформулированными еще в 30-е годы прошлого века [2]. В табл. приведены данные по основным показателям эффективности проектирования и эксплуатации промышленных объектов нефтегазового комплекса в РФ и США. Представленные данные демонст-

рирует отставание России по основным показателям. Решение этой проблемы заключается в пересмотре подхода к сертификации и согласования проектной документации, в отказе от избыточных требований при обеспечении достаточного уровня безопасности [2,5].

Таблица - Сравнение основных показателей эффективности РФ и США

Наименование показателя	Значение показателя	
	США	РФ
Безопасность		
Смертность: количество случаев вследствие аварий (чел./100 млн. чел.-час. работы)	2,3	9,7
Удельный травматизм: количество случаев вследствие аварий (чел./200 тыс. чел.-час. работы)	0,4	1,3
Удельная аварийность: количество случаев при переработке сырой нефти (ед./млн.т. в год)	9,6	>210
Экономика		
Глубина переработки: выход нефтепродуктов, (%)	96	72
Удельная производительность: количество перерабатываемой сырой нефти (млн.т/кв. км. в год)	4,55	3,03
Удельные трудозатраты: количество персонала, требующегося для переработки сырой нефти (чел./млн.т. в год)	65	224

В настоящее время проблемам промышленной безопасности уделяется внимание на самом высоком уровне. В 2010 и 2012 г.г. правительство давало поручения профильным министерствам проанализировать ситуацию в сфере экологической и промышленной безопасности и принять необходимые меры для устранения избыточных требований, препятствующих модернизации в области проектирования, строительства и эксплуатации объектов нефте- и газоперерабатывающих производств, предусмотрев развитие механизмов независимой экспертизы, декларирования и оценки риска в качестве основных инструментов обеспечения безопасности [3,4]. Такие изменения в законодательстве занимают много времени, но без этого российские проектные институты рискуют значительно отстать от мировых тенденций в области проектирования и утратить конкурентные преимущества.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 25.06.2012) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

2. Доклад И.И. Сечина на Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России от 23.03.2010г.
3. Поручение Президента РФ Медведева Д.А., приказ №839 от 29 марта 2010 г.
4. Поручение Президента РФ Путина В.В., приказ №2029 от 01 августа 2012 г.
5. Нанасов П.С. Управление проектно-строительным процессом (теория, правила, практика). – М.; АСБ, 2005. -160 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ БУТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА

Н.Д. Губанов¹, Е. Ю. Щербакова², К. В. Котова³

¹ к.т.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: gubanov_nd@istu.edu

² студентка гр. ХТТ-09-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: lev8991@mail.ru

³ студентка гр. ХТТ-09-1 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kkv_kseni@mail.ru

В настоящее время одно из ведущих мест среди синтетических смазывающих материалов занимают сложноэфирные масла на основе эфиров одно- или многоатомных спиртов и жирных кислот. Такие моторные масла используют при работе механизмов в экстремальных условиях: высокие или низкие температуры, большие механические нагрузки и т.д. По эксплуатационным свойствам синтетические масла обладают повышенной термической стабильностью, высокими диспергирующими и смазывающими свойствами, меньшей испаряемостью и вязкостью, особенно низкотемпературной, по сравнению с маслами на минеральной основе [1].

В современных условиях применяются два способа получения сложных эфиров: этерификация и переэтерификация. При этерификации взаимодействие спиртов и кислот проводят при температуре 100 -200 °С в присутствии кислого катализатора. В качестве кислот используют синтетические жирные кислоты, получаемые окислением парафинов. Способ переэтерификации основан на синтезе эфиров кислот с метанолом с последующей их переэтерификацией одно- или многоатомными спиртами [2].

При использовании синтетических жирных кислот стоимость получаемых сложноэфирных масел в 3-4 раза выше по сравнению с минеральными маслами. Поэтому в настоящее время в качестве сырья для производства синтетических масел используют растительные масла (рапсовое, кокосовое), из которых выделяют жирные кислоты с последующей их этерификацией [3].

Альтернативой растительным маслам, являющимися пищевыми продуктами, могут служить жирные кислоты талового масла, получаемые при химической переработки древесины на целлюлозно-бумажных предприятиях в больших количествах.

С целью получения сложных эфиров нами использовались жирные кислоты талового масла Братского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК). Реакцию этерификации жирных кислот н-бутанолом проводили при температуре 100-115 °С до полного прекращения выделения воды, которая отводилась азеотропной смесью с н-бутанолом. В качестве катализатора использовали ионообменную смолу Lewatit Mono Plus S 100.

С точки зрения обеспечения надежной смазки в широком интервале температур эксплуатации машин для смазочных масел важное значение имеет зависимость вязкости от температуры. Для оценки вязкостно-температурных свойств смазочных масел используется индекс вязкости. Индекс вязкости – это относительная величина, показывающая степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры и определяющая пологость кривой кинематической вязкости от температуры [4].

Для расчёта индекса вязкости полученных эфиров по ГОСТ 25371-97 «Нефтепродукты. Расчёт индекса вязкости по кинематической вязкости» необходимо определить их кинематическую вязкость при 40 и 100 °С. Для экспериментального определения кинематической вязкости сложных эфиров нами использовался капиллярный вискозиметр ВПЖ-3. Полученные данные приведены в таблице.

Таблица 1- Вязкостно-температурные свойства бутиловых эфиров жирных кислот талового масла

Наименование	Значения		Индекс вязкости
	40 °С	100 °С	
Кинематическая вязкость, мм ² /с	8.23	2.85	235

Из данных, приведённых в таблице, видно, что полученные сложные эфиры имеют более высокий индекс вязкости по сравнению с моторными маслами на минеральной основе, индекс вязкости которых равен 125 [4].

Библиографический список

1. Губанов Н.Д. Основные направления разработки синтетических моторных масел // Вестник ИрГТУ. 2008. № 2. С. 106-108.
2. Белов П.С., Винер А.Б., Заворотный В.А., Коренев К.Д. Производство и применение моторных масел на синтетической основе. –М.: ЦНИИ-ТЭнефтехим, 1989. – 46 с.
3. Мамедьяров М.А. Новые основы эфирных синтетических масел // Химия и технология топлив и масел. 1992. № 5. С. 28-29.
4. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. –Уфа: Гилем, 2002. -672 с.

ПЕРЕВОД ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

С.Ю. Ляшонок¹, А.В. Книжник², С.Г. Дьячкова³.

¹ аспирант НИИрГТУ, инженер-технолог ОАО «ИркутскНИИхиммаш», тел. 89016405698, e-mail: ximik235@yandex.ru

² кандидат технических наук, заведующий сектором моделирования ОАО «Иркутск НИИ химмаш», тел. 89646527061, e-mail: a.knizhnik@himmash.irk.ru

³ доктор химических наук, профессор кафедры химической технологии НИИрГТУ, тел. 89027611921, e-mail: cmf_dean@istu.edu

Иркутская область по величине прогнозных ресурсов нефти и газа относится к числу потенциально благоприятных геологических объектов в материковой части России. Общая оценка прогнозных извлекаемых ресурсов газа в пределах Иркутской области составляет 7,5 трлн. куб. м газа. Это позволяет рассматривать данный вид топлива как наиболее перспективный для дальнейшей модернизации и работы трубчатых печей химических производств.

Трубчатые печи, широко применяемые на химических производствах, имеют возможности по модернизации с целью оптимизации производства и снижения стоимости продукции. В условиях ужесточающихся требований к экологичности и снижению стоимости продукции, переход на современные технологии и использования более эффективных и экологичных энергоресурсов является основной задачей модернизации производства.

Вопрос использования местных газовых ресурсов стоит достаточно остро, так как имея большие запасы газа и не имея большого потребителя, ресурсоснабжающая компания не будет затрачиваться на газовые коммуникации и инфраструктуру. Актуальность перевода теплогенерирующих установок на газовое топливо не вызывает сомнений, так как если не использовать эти ресурсы в России, они будут проданы за рубеж.

Целью исследования является сравнительный расчёт и обзор преимуществ газового топлива перед мазутом. В сравнительный анализ войдут результаты технологических расчётов печи с использованием газового и мазутного топлива. Также будет проведён обзор ценовых характеристик газового и мазутного топлива, для проведения комплексного сравнения их экономических и теплотворных характеристик.

В результате исследования и сравнительного анализа топлив, получены данные по тепловому режиму работы трубчатой печи, КПД. Экономическое сравнение показало ценовой баланс по топливам при их применении в заводских условиях.

Библиографический список

1. «Газификация без газа». Сибирский энергетик. Номер № 283 от 25 мая 2012 г.
2. Нормативный метод, «Тепловой расчёт котлов.» – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998, - 259 с.
3. ГОСТ 31369-2008 (ИСО 6976:1995) Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава.
4. Постановление Правительства РФ «О совершенствовании государственного регулирования цен на газ» от 31 декабря 2010 года № 1205.
5. ГОСТ 10585-99. Топливо нефтяное. Мазут
6. ГОСТ 21204-83. Горелки

ПОИСК НОВЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Семенов Д.А.¹, Никитина А.Н.², Подгорбунская Т.А.³

¹студент гр. ХТТ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: semenovdaniel@mail.ru

²студент гр. ХТТ-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail : besta1993@mail.ru

³к.х.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: tpodgor@istu.edu

В настоящее время большое внимание уделяется поиску новых многофункциональных реагентов, т.е. соединений, находящих себе широкое применение в современных наукоемких областях промышленности и техники. Ярким примером такого соединения является гексаметилдисилазан. Он широко используется в тонком органическом синтезе в качестве силилирующего агента для постановки силильной защиты, адгезива в процессах микролитографии в технологических процессах производства изделий микроэлектроники, реагента для осаждения тонких диэлектрических слоев различного функционального назначения и пр.

Таким же интересным соединением на наш взгляд, которому стоит уделить должное внимание является N-бромгексаметилдисилазан. С одной стороны исследование его синтетических возможностей показало, что он является перспективным селективным свободнорадикальным галогенирующим агентом и может быть использован в практике тонкого органического и элементоорганического синтезов [1].

С другой стороны в качестве прекурсора для получения слоев карбонитрида кремния методом плазмохимического осаждения из газовой фазы был использован также N-бромгексаметилдисилазан. Наличие лабильной связи N-Br, позволило на порядок увеличить скорости роста пленок по

сравнению с используемым ранее гексаметилдисилазаном и получить материал с разнообразным набором функциональных свойств. Высокая нанотвердость получаемых пленок позволяет применять их в качестве защитных и упрочняющих покрытий на различных поверхностях, в том числе на материалах с низкими температурами плавления [2].

С целью расширения функциональных возможностей данного соединения нами была предпринята попытка использовать N-бромгексаметилдисилазан в химмотологической области в качестве присадки к нефтяным маслам.

С каждым годом требования к качеству нефтяных масел растут и ужесточаются в связи с новыми технологиями в моторостроении. Существует несколько путей получения высококачественных нефтяных масел. В первую очередь производство нефтяных масел определенного углеводородного состава, для этого необходимы усовершенствованные технологии или высококачественное нефтяное сырье; а другой – более экономически выгодный использование присадок.

Присадки – это сложные химические соединения различных веществ, которые вводятся в смазочные масла для улучшения их качества или придания маслу новых, заранее заданных свойств. В качестве присадок применяются многочисленные органические соединения с различными функциональными группами и элементами. В большинстве случаев каждая присадка содержит от одной до четырех элементов или функциональных групп [3].

Наши исследования в данной области были начаты с подбора литературы и определения основных показателей качества нефтяной масляной фракции.

Библиографический список

1. Taraban M.B., Rakhlin V.I., Volkova O.S., Podgorbunskaya T.A., Kuibida L.V., Mirskov R.G., Leshina T.V., Sherstyannikova L.V. and Voronkov M.G. Spin chemistry of organometallic compounds 5. Interaction of N-bromohexamethyldisilazane with triorganylhydridesilanes // J. Organomet. Chem. – 2008. – Vol. 693. – № 26. – P. 3815 – 3820.

2. Смирнова Т.П., Бадалян А.М., Борисов В.О., Бахтурова Л.Ф., Каичев В.В., Подгорбунская Т.А., Рахлин В.И. Плазмохимический процесс осаждения пленок карбонитрида кремния из летучего N-бромгексаметилдисилазана // Неорганические материалы. – 2008. – Т. 44. – № 12. – С. 1453 – 1460.

3. Гнатченко И.И., Бородин В.А., Репников В.Р. Автомобильные масла, смазки, присадки // Справочное пособие. – М.: ООО Изд. «АСТ», СПб.: ООО Изд. «Полигон». – 2000. – 360с.

3,5-ДИ-(1-АДАМАНТИЛ)-ПИРОКАТЕХИН-1,2 В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИНГИБИТОРА НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ТЕРМОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПИРОКОНДЕНСАТОВ

Д.С.Руденко¹, До Тьем Тай², И.В.Петерсон³, Гоготов А.Ф.⁴

¹ - студент гр.ХТТ-09 каф. химической технологии химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, E-mail: drudenko1992@gmail.com

² - к.т.н., преподаватель Petrovietnam University (PVU), Hanoi, Vietnam, E-mail: taidc@pvu.edu.vn,

³ - к.х.н., м.н.с. Института химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск, E-mail: ivan.peterson.krsk@gmail.com,

⁴ - ст.н.с. лаб. Прикладной химии ИрИХ СО РАН, г. Иркутск, E-mail: alfgoga@mail.ru

При пиролизе различных нефтяных фракций помимо основных целевых мономеров – этилена и пропилена – образуются фракции различных углеводородов C₄, C₅, C₆ и выше алкенового, диенового, циклопентадиенового, винилароматического рядов и гамма других продуктов их взаимопревращений [1]. При дальнейшей переработке этой сложной смеси соединений, склонных к термической полимеризации, методом дробной ректификации происходит их самопроизвольная (со)полимеризации с образованием сначала растворимых в углеводородах олигомеров (смола) с последующим отложением образующихся полимеров на стенках технологического оборудования. Для борьбы с указанным явлением наиболее эффективно применение специальных добавок в технологические потоки, названных ингибиторами (полимеризации). В настоящее время для ингибирования полимеризации непредельных компонентов жидких продуктов пиролиза (ЖПП) наиболее распространенными и эффективными являются соединения фенольного класса [2], среди которых в состоянии конкурировать с другими классами ингибиторов и вполне востребованы только так называемые пространственно затрудненные фенолы (ПЗФ) – ионол, различные агидолы, *трет*-бутилгидрохиноны и пирокатехины. Этот класс фенолов имеет ряд преимуществ: сравнительно высокая ингибирующая активность, определенная химическая формула; постоянные физико-химические характеристики; повышенная растворимость в углеводородах и практически полная нерастворимость в воде, отсутствие вкуса и запаха, относительно низкая токсичность самих ПЗФ и продуктов их превращений [3]. Практика применения фенолов в качестве ингибиторов показала определенную специфичность действия одно- и двухатомных фенолов: одноатомные ПЗФ более эффективны как антиоксиданты и ингибиторы полимеризации диеновых углеводородов, а двухатомные ПЗФ, особенно, производные пиро-

катехина, наиболее эффективны как ингибиторы полимеризации винилароматических и функционализированных мономеров [2,3]. В последние годы для процессов ингибирования нежелательной полимеризации предложены ПЗФ нового поколения - фенолы с объемными бициклическими заместителями, например, терпенофенолы, отличающиеся повышенной ингибирующей активностью [4,5]. Другая разновидность ПЗФ нового поколения - фенолы с трициклическими объемными заместителями - адамантилфенолы - были испытаны в качестве антиоксидантов [6]. Сведения об испытаниях адамантилфенолов в качестве ингибиторов полимеризации в литературе отсутствуют. В настоящем сообщении описывается новый представитель двухатомных ПЗФ ряда пирокатехинов - 3,5-ди-(1-адамантил)-пирокатехин-1,2 (рис.1)

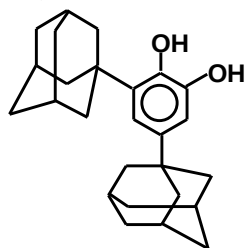


Рис.1 3,5-ди-(1-адамантил)-пирокатехин-1,2 (1) (3,5-ДАдПК). Общая формула $C_{26}H_{34}O_2$

Специфика фенольных ингибиторов такова, что двухатомные фенолы проявляют наибольшую эффективность на фракциях, содержащих винилароматические соединения, т.е. на пироконденсатах колонны К-27 установок ЭП-300. Результаты показывают (рис.2), что при испытании на указанном пироконденсате 3,5-ДАдПК показывает более высокую эффективность, нежели широкоизвестный ингибитор сравнения ТБПК [7].

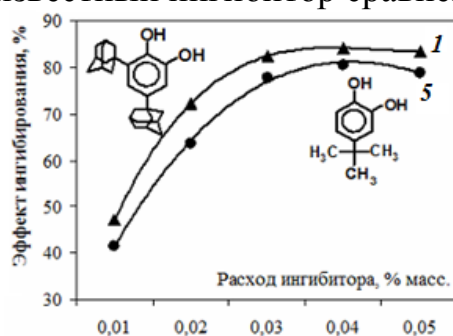


Рис.2. Ингибирующие показатели 3,5-ДАдПК (1) и ингибитора сравнения ТБПК (5) на пироконденсате колонны К-27

Таким образом, экспериментально установлено, что введение объемных адамантильных заместителей приводит к повышению ингибирующей активности пирокатехина при термической переработке пироконденсатов.

Библиографический список

1. Беренц А.Д., Воль-Эпштейн А.В., Мухина Т.Н. и др. Переработка жидких продуктов пиролиза. – М.: Химия. – 1985. – С.59-60.
2. Курбатов В.А., Ликумович А.Г., Кирпичников П.А. // Нефтехим-

мия. – 1983. – Т. 23. – № 1. – С.118-120.

3. Ершов В.В., Никифоров Г.А., Володькин А.А. Пространственно затрудненные фенолы. – М.: Химия. – 1972. – 351 С.

4. Пат. РФ № 2375342, 2009.

5. Пат. РФ № 2387631, 2010.

6. Соколенко В.А., Свирская Н.М., Великов А.А., Сизова Н.В. // Кинетика и катализ. – Т. 43. – № 2. – 2002. – С.205-208.

7. Пат. РФ № 2460716, 2012.

ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ МЕТИЛТРИХЛОРСИЛАНА И 1-ВИНИЛ-4,5,6,7- ТЕТРАГИДРОИНДОЛА

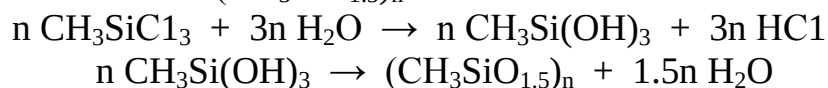
С.С. Бочкарёва¹, А.Д. Волкова²

¹к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск,
e-mail: sv.bochk@mail.ru

²студентка гр. ТПП-08, химико-металлургический факультет, ИрГТУ

Композитные материалы, совмещающие органическую и неорганическую фазы, являются объектами новейших технологий, так как сочетают лучшие свойства оксидов металлов и полимеров. Несомненным достоинством органо-неорганических материалов является возможность сочетания высокой термической и химической стабильности неорганической матрицы и практически полезных функциональных свойств органического компонента.

Формирование композитов на основе метилтрихлорсилана (МТХС) и 1-винил-4,5,6,7-тетрагидроиндола (ВТГИ) сопровождается протеканием золь-гель процесса, включающего две параллельные и независимые друг от друга стадии: гидролитическая поликонденсация МТХС и полимеризация ВТГИ. Продуктами гидролиза МТХС являются трёхмерные полимеры-полиметилсесквеоксаны $(\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5})_n$:



Гидролиз метилтрихлорсилана сопровождается существенным повышением кислотности среды за счет выделения в этом процессе хлороводорода. В солянокислой среде, обусловленной гидролизом метилтрихлорсилана, происходит димеризация ВТГИ. В связи с этим, в состав композита входит не сам ВТГИ или продукт его полимеризации – поли-1-винил-4,5,6,7-тетрагидроиндол, а его димер. Рассчитанный, исходя из этого, состав формирующегося композита выражается соотношением $\text{CH}_3\text{SiO}_{1.5} : (\text{ВТГИ})_2 = 1.8 : 1$. Образование димера ВТГИ в процессе формирования композита подтверждено исследованием его ИК, ПМР и ЯМР спектров.

Получение композиционных материалов осуществлено путем смешения готового органического полимера и кремнийорганического мономера. При этом способе синтеза гибридных композитов исключается стадия полимеризации органического мономера и достигается высокая степень однородности материала. В качестве растворителя использовали этиловый спирт. Полученные органо-неорганические композиты наиболее близки к полу-взаимопроникающим сеткам - представляющим собой сложную сетку, состоящую из трехмерного и линейного полимеров, химически не связанных, но не разделимых из-за механического переплетения цепей

Стабилизация получаемых структур осуществляется посредством возникновения водородных связей между силанольными группами атомов неорганического полимера и донорными атомами азота органического полимера.

Определение состава и строения полученных композитов проводили методом элементного анализа, ИК и ЯМР спектроскопии.

Химический состав и некоторые характеристики композита

Композит	Элементный состав, %				n:m*	Выход, %	S _{уд.} , м ² /г	T _{разл} , °C
	C	H	Si	N				
CH ₃ SiO _{1.5} : (ВТГИ) ₂	33.33	6.02	15.17	8.22	1.8 : 1	79.3	31.1	325

* n:m – соотношение структурных звеньев CH₃SiO_{1.5} : органический полимер

Среди, ранее полученных, композитов на основе метилтрихлорсилана композит, в состав которого входит ВТГИ, имеет наивысшую термическую стабильность, что, по всей вероятности, связано с уменьшением абсолютной доли органической компоненты в составе композита.

Органо-неорганические композиты на основе МТХС и ВТГИ характеризуется высокой термической стабильностью (температура разложения 325 °C), развитой удельной поверхностью (31.1 м²/г), а также наименьшим размером частиц (86-97 нм) среди всех полученных нами ранее композитов.

Полученные композиты могут быть применены в качестве адсорбентов благородных металлов.

СОРБЦИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА(II) УГЛЕРОДНЫМ СОРБЕНТОМ

Минаева Л.А.¹, Дударев В.И.², Муравьева А.А.³

¹ ст. преподаватель, кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: iminaeva@istu.edu

² д.т.н., профессор кафедры общеобразовательных дисциплин заочно-вечернего факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: vdudarev@istu.edu

³ студентка гр. ТЭП-08, кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: mura1991@yandex.ru

Марганец оказывает значительное влияние на жизнедеятельность живых организмов [1]. Важная экологическая и физиологическая роль марганца вызывает необходимость изучения и распределения марганца в природных водах. Высокие и повышенные концентрации в воде соединений марганца обусловлены природными условиями формирования химического состава вод и техногенными факторами (сбросами промышленных и атмосферных сточных вод, выпадением кислотных осадков, загрязненных тяжелыми металлами). Сорбционные методы являются одними из наиболее перспективных для выделения марганца из вод, в особенности с использованием углеродных и природных минеральных сорбентов [2,3].

С целью повышения адсорбционных свойств углеродного сорбента АД-05-2 нами была проведена его термоокислительная активация с использованием перекиси водорода H_2O_2 . В процессе активации на поверхности углеродного сорбента образуются функционально-активные сорбционные центры селективно взаимодействующие с ионами металлов в растворах.

Сорбционная активность материалов зависит также от таких факторов как кислотность среды, время контакта сорбента с раствором, концентрация иона металла. В ходе экспериментальных исследований нами была определена оптимальная рН сорбции марганца(II) из модельных растворов сульфата марганца (рис.1). При оптимальном значении рН 9,3 методом постоянной концентрации и переменных навесок были получены изотермы сорбции марганца(II) на активированном углеродном сорбенте АД-05-2 при температурах 293К, 303К, 313К, 323К и рН=9,3 (рис.2).

Анализ изотерм сорбции показывает, что с ростом температуры величина адсорбции уменьшается, что может быть обусловлено экзотермичностью процесса.

Повышение адсорбционных свойств углеродного сорбента АД-05-2 путём термохимической активации позволяет увеличить сорбционную способность исходного углеродного сорбента АД-05-2 практически в три раза.

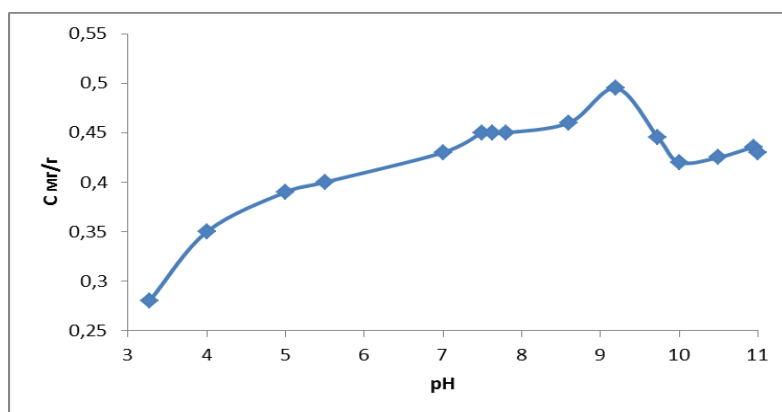


Рис.1. Зависимость сорбции марганца(II) от pH

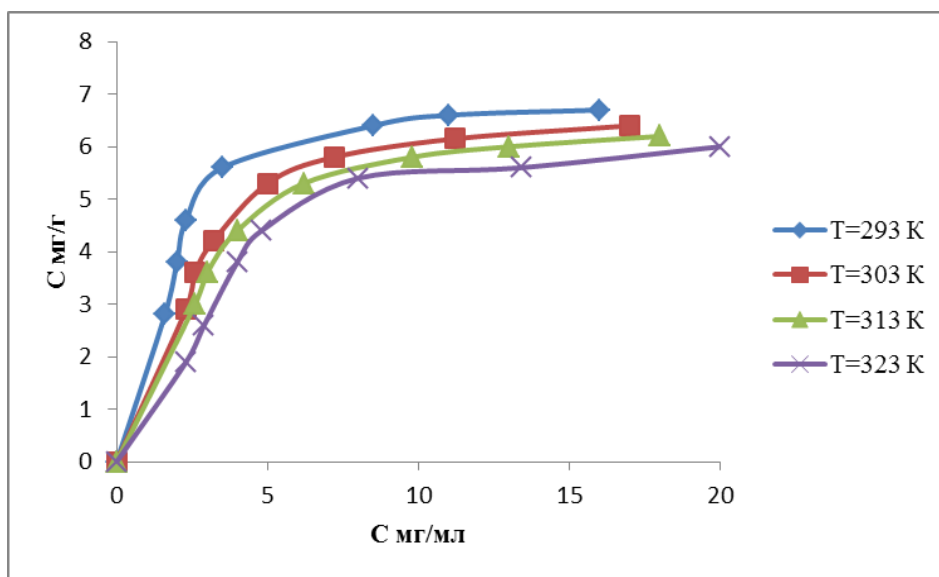


Рис.2. Изотермы сорбции марганца(II) на активированном углеродном сорбенте АД-05-2, pH=9,3

Таким образом, для очистки природных и технологических вод от марганца можно использовать активированный методом окисления углеродный сорбент АД-05-2, что оправдано экономическими и экологическими аспектами.

Библиографический список

1. Влияние загрязняющих веществ питьевой воды на здоровье человека [Электрон. ресурс]. – 2006 – www.aquacottage.com
2. Николадзе Г.И., Скворцов Л.С. Подготовка подземных вод для хозяйственных и питьевых нужд // Вопросы мелиорации. – 1998. – № 3-4. – С. 38.
3. Пугачев Е.А. Технология эффективного водопользования в промышленности / Монография. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 20011. – 176 с.

ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

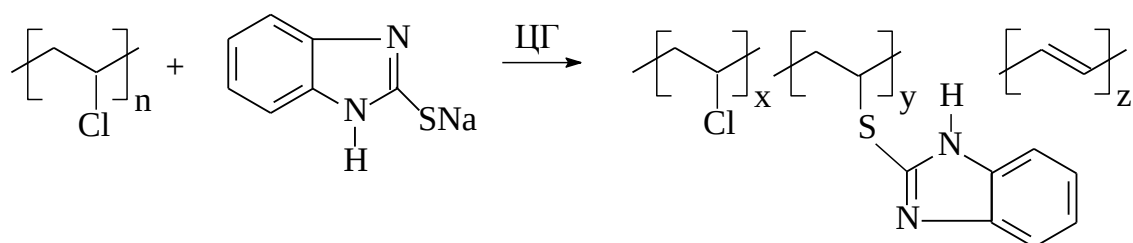
Е.А.Орхокова¹, В.В.Баяндин²

¹ учебный мастер 1 категории кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ShaglaevaNS@yandex.ru

² к.х.н., доцент кафедры химической технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: bayandinvv@yandex.ru

Реакцией поливинилхлорида с Na-солью 2-меркаптобензимидазола получены сополимеры, содержащие в полимерной цепи «пиридиновые» атомы азота с ярко выраженными основными свойствами.

Установлено, что взаимодействие поливинилхлорида с Na-солью 2-меркаптобензимидазола протекает по следующей схеме:



Наибольшая степень замещения хлора (68.3%) в гомополимере наблюдается при проведении реакции в среде циклогексанона при температуре 100 °С. Продолжительность процесса при этом составляет 8 час. На основании элементного анализа и ЯМР-спектроскопии вычислены составы сополимеров. Мембраны на основе сополимера винилхлорида и 2-меркаптобензимидазола получены методом полива. Установлена зависимость протонной проводимости мембран (при допировании орто-фосфорной кислотой) от температуры. В области температур от 25 °С до ~ 75 °С наблюдается резкая зависимость протонной проводимости от температуры. При повышении температуры до 107 °С значение протонной проводимости постепенно увеличивается и достигает величины $3.6 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$. Дальнейшее увеличение температуры до 195 °С приводит к незначительному повышению протонной проводимости. Можно предположить, что на первом участке кривой наблюдается переход стеклообразного состояния мембраны в высокоэластичное. С ростом температуры повышается доля полимера в высокоэластическом состоянии, которое сопровождается увеличением протонной проводимости до $3.84 \cdot 10^{-2} \text{ См} \cdot \text{см}^{-1}$. В условиях эксперимента механические свойства мембраны на основе ПВХ-МБИ хорошо сохраняются.

Работа при финансовой поддержке Федеральной целевой программы (государственный контракт № 16.740.0504 от 16 мая 2011 г.), Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 09-08-00418-а и 12-08-00115-а).

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАКТОРА СВЧ-ТЕРМОЛИЗА ДЛЯ ПЕРЕРЕБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Е.В. Янчуковская¹, С.В. Гунич², Н.И. Днепровская³

¹ к.т.н., доцент кафедры химической технологии НИ ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: lenyan@istu.edu

² аспирант кафедры технологии защиты биосферы РХТУ имени Д.И. Менделеева, г. Москва, e-mail: technoplusproject@yandex.ru

³ магистрант гр. ОХПм-11-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г.Иркутск, e-mail: nataliladyvip@mail.ru

Насущной проблемой всех территорий является утилизация твердых бытовых отходов (ТБО), и перспективным методом их переработки может оказаться пиролиз - термическое разложение углеродсодержащих компонентов и органических фракций отходов, составляющих до 85% всей массы ТБО.

Традиционные методы создания высоких температур в пиролизных реакторах часто не являются выгодными в технологическом и экономическом плане, поэтому актуален вопрос о привлечении дополнительных источников энергии.

Одним из таких источников может быть электромагнитное излучение СВЧ-диапазона. Волновое воздействие в сочетании с традиционными методами высокотемпературного нагрева переводит молекулы разлагаемого вещества в более возбужденное состояние. Из-за проникновения СВЧ-волны вглубь объекта происходит преобразование СВЧ-энергии не на поверхности, а в объеме, и поэтому можно добиться более интенсивного нарастания температуры при большей равномерности нагрева различных компонентов среды. В результате происходит усиление влияния температурного поля на отдельные параметры проведения пиролиза и повышение выхода ценных продуктов [1].

Целью разработки технологии утилизации ТБО с использованием излучения СВЧ-диапазона является поиск оптимального технического решения переработки ТБО, разработка аппаратного оформления и технико-экономическое обоснование производственного процесса.

Решить эти задачи можно методом математического моделирования физико-химических явлений, протекающих в реакторе.

На основе проведенных исследований разработана принципиальная технологическая схема и аппаратное оформление процесса переработки ТБО. Технология отвечает всем современным мировым требованиям экологической безопасности. Стадия газоочистки дымовых газов позволяет обезвреживать продукты горения как от хлорорганических высокотоксичных загрязняющих веществ, так и от оксидов азота, серы, углерода. Все

побочные продукты и отходы технологии представляют собой товарную ценность [2].

Специалистами ООО «Инженерные Технические Системы» (г. Москва) при участии кафедры химической технологии Иркутского государственного технического университета создана критериальная математическая модель, использованная в разработке полупромышленной установки. Проведена опытно-конструкторская работа по созданию пилотного реактора, проводится его промышленная апробация в технологиях мусоропереработки (г.Тамбов).

Реактор для проведения СВЧ-термолиза может быть использован для переработки любых углеводородных веществ пиролизическим методом [3].

Выход веществ при этом:

1) углеродное вещество - минимум 30% от исходной массы. Стоимость на рынке данного продукта - от 2000 до 7000 рублей за тонну.

2) светлое печное топливо - минимум 10% от исходной массы (стоимость от 6000 до 16000 рублей за тонну);

3) углеводородные газы (метан, пропан, бутан, ацетилен) - минимум 20% от исходной массы (утилизируются в процессе работы реактора как вторичное топливо).

Применение реактора позволяет также выделить побочные продукты утилизации: балластную фракцию (компоненты строительных материалов), не более 5% от исходной массы отходов (стоимость на рынке от 200 рублей за тонну). Выход побочного продукта газоочистки дымовых газов - сульфата аммония (технического карбамида) - 1% от исходной массы. Стоимость карбамида от 15000 рублей за тонну.

Экономические показатели (затраты) реактора на 100 000 тонн отходов в год: электроэнергия - 800 кВт·час, вода – 2 м³ в час, топливный газ - 35 м³ в час.

Конечные значения рентабельности зависят от того, какой состав отходов планируется перерабатывать. От классического среднего состава ТБО можно достичь рентабельности всей технологии в течение 2-3 лет. Кроме того, изготовление промышленного образца реактора обеспечивает его последующую продажу как интеллектуальной собственности. При капитальных затратах в 13 млн. руб. договорная цена его реализации третьим лицам составляет 20 млн. руб. Чистая прибыль от внедрения одного реактора составляет около 7 млн. руб.

Библиографический список

1. Днепроvская Н.И. Разработка технологии СВЧ-термолиза твердых бытовых отходов/ Н.И. Днепроvская, Е.В. Янчуковская, Е.В. Сауло, Н.А. Ищук// Переработка углеводородного сырья: сб. научн. тр. – Иркутск, 2012. – С. 9-12.

2. Гунич С.В. Технология микроволновой карбонизации органических компонентов твердых бытовых отходов/ С.В. Гунич, Е.В. Янчуковская// Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2011. - №1. – С. 134-136.

3. Янчуковская Е.В. Перспективы технологии СВЧ-термолиза органических компонентов твердых бытовых отходов/ Е.В. Янчуковская, Н.И. Днепровская, С.В. Гунич// Успехи в химии и химической технологии: сб. научн.тр. – Москва, 2012. – С. 114-118.

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Т.В. Бадлуева¹, В.С. Хамадаев², А.Н. Чеснокова³, О.В. Лебедева⁴,
А.Э. Ржечицкий⁵, Н.А. Иванов⁶

¹студент гр. НТ-08-1, физико-технического института ИрГТУ, ²студент гр. НТ 09-1 физико-технического института ИрГТУ, ³научный сотрудник Научно-исследовательской части ИрГТУ, ⁴докторант, к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, ⁵ведущий инженер отдела лазерной физики и нанотехнологии Физико-технического института ИрГТУ, ⁶директор Физико-технического института ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail:pozhid@istu.edu

В последнее время большое внимание ученых, как в нашей стране, так и за рубежом уделяется проблемам разработки мембранных материалов для водородных топливных элементов [1,2]. Для получения таких мембран одним из перспективных методов является золь-гель синтез, применение которого может быть направлено как на улучшение свойств уже имеющихся, хорошо зарекомендовавших себя материалов, так и на разработку принципиально новых [3].

Целью данной работы являлось получение протонпроводящих мембран на основе сополимеров аллилглицидилового эфира этиленгликоля со стиролом (КС-1 и КС-2) с участием тетраэтоксисилана (ТЭОС) методом золь-гель синтеза и исследование их характеристик.

Как правило, протонпроводящая мембрана представляет собой пленку из полимера с гидрофобной основной цепью и кислотными группами в боковых цепях. Протонную проводимость обуславливает наличие в структуре способных к диссоциации кислотных групп. В качестве таких групп могут выступать сульфогруппы, фосфатные или карбоксильные группы. По способности к диссоциации предпочтительны сульфогруппы [4,5]. В связи с этим для придания протонпроводящих свойств было проведено сульфирование сополимеров КС-1 и КС-2 серной кислотой. Степень сульфирования контролировали по данным элементного анализа.

Мембраны на основе сульфированных сополимеров аллилглицидилового эфира этиленгликоля со стиролом (КС-1 и КС-2) были получены золь-гель синтезом по следующей методике: 0,0126 г сополимера КС-1 или КС-2 и 0,0294 г поливинилбутираля растворяли в 0,43 мл циклогексанона. К полученному раствору добавляли 0,0070 г тетраэтоксисилана (ТЭОС). Формирование мембран осуществляли из растворов сополимеров методом полива на лавсановую поверхность. После высушивания на воздухе мембрану отделяли от подложки и подвергали термической обработке при 90°C в течение 1 часа.

Полученные мембраны исследовали с помощью электронного микроскопа (JEOL JIB-Z4500, Япония) с энергодисперсионным рентгеновским детектором, позволяющим анализировать распределение химических элементов по поверхности образца. Согласно полученным данным, мембраны на основе сополимеров КС-1 и КС-2 и ТЭОС имеют глобулярную структуру и характеризуются однородным распределением серы по поверхности.

Характеристики протонной проводимости исследуемых мембран изучали методом импедансной спектроскопии, используя прибор «Z-500PX» («Элинс», Россия) двухэлектродным методом в частотном диапазоне 0.1 - 500 кГц. Измерения проводили при температуре 25°C и относительной влажности воздуха 75%. В результате проведенных исследований установлено, что полученные образцы обладают протонной проводимостью.

Авторы выражают благодарность д.х.н., профессору Ангарской государственной технической академии Раскуловой Т.В. за предоставление сополимеров для исследования.

Библиографический список

1. Fu R.-Q., Woo J.-J., Seo S.-J., Lee J.-S., Moon S.-H. Covalent organic/inorganic hybrid proton-conductive membrane with semi-interpenetrating polymer network: Preparation and characterizations / Journal of Power Sources Vol. 179. 2008. P. 458–466.
2. Katoa M., Sakamoto W., Yagob T. Synthesis of proton-conductive sol-gel membranes from trimethoxysilylmethylstyrene and phenylvinylphosphonic acid / Journal of Membrane Science. Vol. 303, Issues 1–2. 2007. P. 43–53.
3. Нечитайлов А.А., Хамова Т.В., Шилова О.А. и др. Свойства протопроводящих материалов, формируемых золь-гель методом // Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82. № 6. С. 931–934.
4. Иванчев С.С., Мякин С.В. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицирование, свойства. // Успехи химии. 2010. Т.79. №2. С.117-134.
5. Добровольский Ю.А., Волков Е.В., Писарева А.В., Федотов Ю.А., Лихачев Д.Ю., Русанов А.Л. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов. Российский химический

СЕКЦИЯ № 4

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ФЕНОЛЫ ХМЕЛЯ: ВЫДЕЛЕНИЕ, СТРОЕНИЕ, ЗНАЧЕНИЕ

А.Н. Чеснокова¹, В.И. Луцкий²

¹ аспирант химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск. e-mail: alnich99@gmail.com

² профессор кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: vladlutsky@gmail.com

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus L.*) широко распространенное и чрезвычайно полезное растение, которое с давних пор используется человеком, прежде всего, как сырье для производства пива. Именно различные сорта хмеля придают пиву своеобразный аромат и вкус, а также способствуют его консервации. Кроме того, хмель является ценным лекарственным сырьем как для народной, так и для официальной медицины.

Для медицинских целей используют женские соцветия (шишки) хмеля обыкновенного. Основными веществами, обуславливающими биологическую активность шишек хмеля, являются горькие и фенольные соединения, а также эфирное масло [1].

Среди фенолов хмеля присутствуют такие уникальные соединения, как пренилированные флавоноиды халконового и флаванового типов. Эти соединения обладают чрезвычайно широким спектром биологической активности. Они проявляют значительные антиканцерогенные, фитоэстрогенные, антиоксидантные, антимикробные и противовирусные свойства [2-5].

Целью работы явилось выделение и установление строения доминирующих биологически активных пренилированных флавоноидов, разработка оптимальной схемы выделения этих соединений из хмеля и хмелепродуктов, определение количественного содержания наиболее активного пренилхалкона – ксантогумола в российских и импортных образцах хмелепродуктов, а также изучение процесса изомеризации ксантогумола в изоксантогумол.

В результате проделанной работы подобраны условия выделения пренилированных халконов из хмеля, основанные на методах селективной экстракции органическими растворителями. Анализ фракций методом ТСХ показал, что пренилфлавоноиды сосредоточены в этилацетатной фракции (Схема). Тестирование гексановой фракции и хмелевого остатка II на содержание пренилфлавоноидов, дало отрицательный результат. Из этилацетатной фракции хроматографическими методами, включая аналитическую и препаративную ВЭЖХ, выделены 4 индивидуальных пренилированных халкона (ксантогумол, ксантогумол D, ксантогумол C и 1'', 2''-дигидроксантогумол C). Их идентификация проведена спектральными методами (ИК, УФ, ^1H и ^{13}C и 2D ЯМР спектроскопией и масс-спектрометрией высокого разрешения) [6,7].



Количественное определение ксантогумола проводили методом ОФ ВЭЖХ с УФ детектированием в условиях, описанных в работе [8].

Данным методом исследованы на содержание ксантогумола сорта хмеля иностранной и российской селекции, в том числе изучен дикорастущий образ-

зец, собранный в Иркутской области. Установлено влияние технологической переработки хмеля на содержание ксантогумола в хмелепродуктах [8]. Впервые изучена динамика изомеризации ксантогумола в изоксантогумол в зависимости от кислотности среды и времени процесса в модельных условиях, приближенных к производственному процессу [9].

Библиографический список

1. Зузук, Б.М. Хмель выющийся обыкновенный. Аналитический обзор / Б.М. Зузук, Р.В. Куцик //Провизор.– 2004.– №14.– С. 18-19.
2. Miranda, C. L. Cytotoxic and antiproliferative effects of prenylatedchalcones in human cancer cell lines and in cultured ret hepatocytes/C. L. Miranda, J. F. Stevens, A. Helmrich et al. // Food Chem. Toxicol.– 1999.– №37(9), P. 271-285.
3. J. F Stevens, C.L. Miranda, D. R. Buhler, M.L. DeinzerJ. Am. Soc. Brew.Chem., 56, 136–145 (1998).
4. Stevens, Jan F. Chemistry and biology of hop flavonoids /J. F Stevens, C.L. Miranda, D. R. Buhler //Journal Am. Soc. Brew. Chem.–

1998.– №56(4).– С.136-145. 5. Miranda, C. L. Antioxidant and prooxidant action of prenylated and nonprenylated chalcones and flavanones in vitro /C. L. Miranda et. al. //J. Agric. FoodChem.– 2000.– №48, P. 3876. 6. Луцкий В.И., Чеснокова А.Н., Громова А.С., Ушаков И.А. Вестник Иркутского государственного технического университета, 2007, №1, с.55-60. 7. Chesnokova A.N., Lutskiy V.I., Gorskov A.G. Chemistry of Natural Compounds, Vol. 45, No.5, p. 719-714. 8. Чеснокова А.Н. Количественное определение ксантогломина в Российских сортах хмеля методом ВЭЖД //Пищевые продукты и здоровье человека: тезисы докл. II Всероссийской конф. студентов и аспирантов.- Кемерово, 2009.С.63-65. 9. Луцкий В.И., Баженов Б.Н., Молокова К.В., Финкельштейн Б.Л., Чеснокова А.Н. Химия растительного сырья, 2011, № 3, с. 75-80.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО *Taraxacum Officinale* Wigg.

Н.П.Тигунцева¹, Р.А. Воробьева², С.Н.Евстафьев³

¹аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v35@istu.edu

²студент гр. ТПП-08, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v35@istu.edu

³д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

Состояние здоровья и продолжительность жизни во многом определяется характером экологической среды и качеством питания. Одним из эффективных и быстрых путей решения этой проблемы является включение в рацион питания биологически активных компонентов из дикорастущих травянистых растений. Особое внимание заслуживают растения, имеющие в своем химическом составе несколько групп биологически активных веществ (витамины, минеральные вещества, кислоты, пищевые волокна, фенольные соединения и др.), сочетание которых расширяет и усиливает фармакотерапевтическое действие [1]. Восполнение дефицита указанных компонентов возможно, в том числе, за счет одуванчика лекарственного, который с древних времен использовали в лечебных целях и называли «эликсир жизни», так как все части этого полезного растения – и корни, и листья, и цветки – имеют целебные свойства [2].

Однако ограниченность информации о химическом составе одуванчика лекарственного предопределяет необходимость его исследования.

Целью данной работы являлось сравнительное исследование состава биологически активных веществ надземной части и корней одуванчика ле-

картвенного *Taraxacum Officinale* Wigg., произрастающего на территории Иркутской области.

В работе использовали воздушно-сухие, измельченные до крупности 1–5 мм образцы надземной части и корней одуванчика лекарственного, собранные в июне 2012 г до цветения. Для выявления биологически активных веществ в *Taraxacum Officinale* Wigg проводили качественные и количественные определения. Эфирные масла выделяли перегонкой с паром в течение 6-7 часов. Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом Тильманса [3], витамина РР – колориметрированием [4], инулина, полифруктанов, флавоноидов (в пересчете на рутин), фенолкарбоновых кислот (в пересчете на галловую кислоту) и хлорофилла – методом спектрофотометрии [5], суммарное содержание фенольных соединений – оксидиметрическим методом, путем титрования раствором перманганата калия, сапонинов – весовым методом [6], дубильных веществ (танинов) – титрометрическим методом [7].

Таблица 1 - Биологически активные вещества одуванчика

Вещества	Над-земная часть	Корни
Эфирные масла, в % на а.с.м.	0,82	0,27
Хлорофилл, мг%	13,7	-
Фенольные соединения, в % на а.с.м.:	6,85	4,55
- танины	0,25	0,13
- фенолкарбоновые кислоты	0,12	0,02
- флавоноиды	0,16	0,74
- катехины	+	+
- кумарины	+	+
Витамин РР, мг%	0,83	0,92
Углеводы, в % на а.с.м.:		
- полифруктаны	0,31	22,0
- инулин	9,6	44,1
Сапонины, в % на а.с.м.	1,14	1,28
Аскорбиновая кислота, в % на а.с.м.	0,03	0,30

*+ присутствуют в данном образце;

В результате проведенных исследований было установлено, что в надземной части одуванчика преобладают фенольные соединения различных классов, хлорофилл, а выход эфирного масла выше, чем в корнях, но и не превышает 1 %. Корни *Taraxacum Officinale* отличаются высоким содержанием витаминов РР и С, что в значительной степени повышает их ценность как поливитаминного сырья, а также углеводов – полифруктанов и инулина. Присутствие катехинов, кумаринов и алкалоидов в одуванчике доказывали несколькими известными качественными реакциями, описанными в [8]. Так, в надземной части и корнях было выявлено присутствие катехинов и кумаринов, а содержание алкалоидов не подтвердилось.

Таким образом, экспериментальные данные показали, что различные анатомические части одуванчика лекарственного содержат значительные количества биологически активных веществ, которые оказывают на организм человека определенное фармакологическое действие. Особенно ценен инулин для диабетиков, так как он снижает уровень сахара и холестерина в крови, улучшает обмен веществ в организме человека, следовательно, можно рекомендовать применять одуванчик в пищевой и кондитерской промышленности, а так же в качестве составляющих лекарственных препаратов, в пищевой и косметической промышленности.

Библиографический список

1. Княжев В.А., Суханов Б.П., Тутельян В.А. Правильное питание. Биодобавки, которые вам необходимы. – М.: Гэотармедицина, 1998. 208 с.
2. Махлюков В.П. Лекарственные растения в народной медицине М., 1992. 477 с
3. Шелеметьева О.В., Сизова Н.В., Слепченко Г.Б. Определение содержания витаминов и биологически активных веществ в растительных экстрактах различными методами // Химия растительного сырья. 2009. №1. С.113–116.
4. ГОСТ 29140-91. Мука, хлеб и хлебобулочные изделия пшеничные витаминизированные. Метод определения витамина РР (никотиновой кислоты). – Введен 1993-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.
5. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
6. Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Коцупий О.В., Загурская Ю.В., Баяндина И.И. Изучение флоры лесостепной зоны Западной Сибири как источника биологически активных соединений // Сибирский экологический журнал, 2 (2011). С.273–284.
7. Государственная фармакопея СССР. Изд. 11, вып.1. М.: Медицина, 1987. С.286–287.
8. Выделение и анализ природных биологически активных веществ / Е.А.Краснов, Т.П.Березовская, Н.В. Алексеюк и др. Под ред. Е.Е.Сироткиной.-Томск,1987. 184 с.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФИЛЬНЫХ БАВ СЕМЯН СОСНЫ СИБИРСКОЙ

В.Г. Ширеторова¹, А.Г. Хантургаев²

¹ к.т.н., научный сотрудник лаборатории химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, г.Улан-Удэ, e-mail: yshiretorova@rambler.ru

² к.т.н., доцент кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ВСГУТУ, Улан-Удэ, e-mail: aavn@mail.ru

Богатым источником растительного масла и пищевых белков является кедровый орех (семена сосны сибирской). Содержание масла в нем достигает 65-68%. Благодаря высокому содержанию в кедровом масле полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов, оно широко используется при создании продуктов функционального питания, лечебно-профилактических добавок и в косметической промышленности.

В настоящее время кедровое масло выделяют, в основном, прессовым способом, не обеспечивающим полного обезжиривания семян, а применение при экстракции токсичных растворителей и длительный нагрев снижают качество и биологическую ценность получаемых масла и шрота. В связи с этим, нами был разработан способ получения кедрового масла экстракцией этиловым спиртом в электромагнитном поле (ЭМП) СВЧ (патент РФ № 2194070), который позволяет значительно интенсифицировать процесс экстракции, сохранить биологическую ценность компонентов и получить высококачественные экологически чистые продукты. Определены оптимальные технологические параметры экстракции масла из ядер семян сосны сибирской этиловым спиртом в ЭМП СВЧ. Физико-химические характеристики и химический состав кедрового масла, полученного при оптимальных условиях процесса, свидетельствуют о его высоком качестве.

В местах промышленной переработки кедровых орехов накапливается большое количество отходов в виде скорлупы, составляющей 51-59% от массы орехов. В кедровой скорлупе содержится 12-20% дубильных веществ - таннидов, обладающих дубящими, красящими, антиоксидантными, дезинфицирующими, антисептическими свойствами. Существующие способы получения экстрактов из растительного сырья являются длительными и энергозатратными. В связи с этим, нами был разработан способ получения экстрактивных веществ из скорлупы кедрового ореха водными, водно-спиртовыми, водно-содовыми растворами в ЭМП СВЧ (патент №2351641), позволяющий значительно интенсифицировать процесс экстракции и увеличить выход экстрактивных веществ. Методом математического планирования установлены оптимальные технологические параметры извлечения экстрактивных веществ из скорлупы и определены кинетические закономерности процесса. Определен химический состав полученных экстрак-

тов. Исследована возможность их применения в пищевой, фармацевтической и кожевенно-меховой промышленности.

ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *PLEUROTUS PULMONARIUS* С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Е.А. Мельникова¹, С.В. Терентий², П.В. Миронов³

¹ аспирант, кафедры химической технологии древесины и биотехнологии ГОУ ВПО СибГТУ, г. Красноярск, e-mail: hellengorr@gmail.com

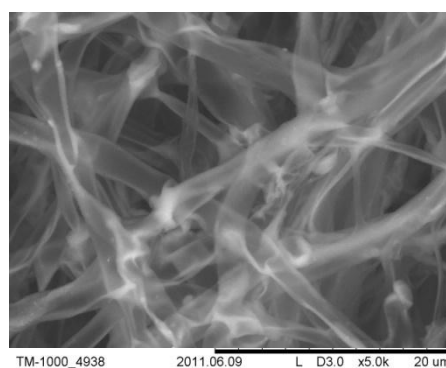
² аспирант, кафедры химической технологии древесины и биотехнологии ГОУ ВПО СибГТУ, г. Красноярск.

³ д.х.н., профессор кафедры химической технологии древесины и биотехнологии ГОУ ВПО СибГТУ, г. Красноярск.

В последние годы большой интерес вызывает глубинное культивирование биомассы мицелия базидиальных грибов с целью получения белковых пищевых добавок и биологически активных соединений. Наиболее перспективными для этих целей считаются дереворазрушающие грибы, обладающие не только ценными пищевыми качествами, но и лечебными свойствами. Представителем этой группы грибов является лигнотрофный сапрофит *Pleurotus pulmonarius* (вешенка легочная), который по своим питательным свойствам, содержанию белка (до 35%), витаминов и микроэлементов не уступает белому грибу [1,2]. В связи с этим, целью данной работы являлось получение мицелия *Pleurotus pulmonarius* методом глубинного культивирования и изучение пищевой ценности белка в полученной биомассе.



а



б

Рисунок 1. Морфология штамма *Pleurotus pulmonarius* при культивировании на сусловом агаре (а – колония воздушного мицелия; б – микроморфологические особенности воздушного мицелия)

На сусловом агаре из плодовых тел была выделена чистая культура *Pleurotus pulmonarius* (рис. 1). В дальнейшем, полученный поверхностный

мицелий использовали в качестве посевного материала для глубинного культивирования.

Глубинное культивирование проводили в стационарном лабораторном биореакторе CeCa (Gallenkamp controlled environment culture apparatus Cx650, made in England BY) в течение 96 часов при температуре $26 \pm 1^\circ\text{C}$ и значении pH 5,0 при непрерывном перемешивании путем барботирования стерильным воздухом (расход воздуха 100 л на 1 л среды в час). Используемая для культивирования среда содержала в своем составе источник углерода – крахмал с концентрацией 2%, источники азота (NH_3^+), и комплекс минеральных солей (KCl , NaCl , CaCl_2 , MgSO_4 , KH_2PO_4 , K_2HPO_4). Полученная в результате глубинного культивирования биомасса *Pleurotus pulmonarius* в основном представляла собой суспензию гранул неправильной звездообразной формы диаметром 2-3 мм (рис. 2).

Содержание белка в полученной биомассе составляло до 35% а.с.м. В белке глубинного мицелия *Pleurotus pulmonarius* было определено 17 аминокислот, в том числе 7 незаменимых (лизин – 3,5, треонин – 6,7, фенилаланин – 3,3, лейцин – 9,1, изолейцин – 3,2, метионин – 0,5, валин – 4,1 %) от общего содержания белка. Содержание всех незаменимых аминокислот, кроме метионина, в глубинной биомассе *Pleurotus pulmonarius* несколько выше, чем в эталонном белке ФАО (яичный альбумин) [3]. Основываясь на полученных данных можно говорить о перспективе использования глубинного мицелия *Pleurotus pulmonarius* как самостоятельного продукта крупнотоннажного производства с целью получения пищевых белковых добавок.

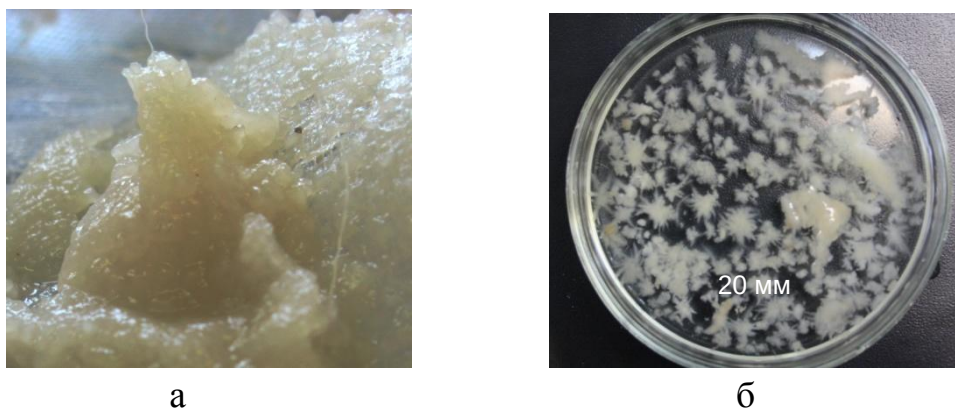


Рисунок 2. Биомасса *Pleurotus pulmonarius* (а – отфильтрованная глубинная биомасса; б – морфологические особенности глубинной культуры).

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения биомассы мицелия *Pleurotus pulmonarius* с высоким содержанием белка методом глубинного культивирования в стационарных биореакторах на синтетических средах контролируемого состава.

Библиографический список

1. Основы биотехнологии высших грибов: Учебное пособие./ Н.А. Заикина, А.Е. Коваленко, В.А. Галынкин, Ю.Т. Дьяков, А.Д. Тищенко. – СПб.: «Проспект Науки», 2007. – 336с.
2. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре/ Бисько Н.А., Бухало А.С., Вассер С.П. и др. под общ. Ред. Дудки И.А. – Киев : думка, 1983. – 312с.
3. Экспертиза грибов: Учеб.-справ. Пособие / Цапалова, В.И. Бакайтис, Н.П. Кутафьева, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. Ун-та: Сиб. Унив. Изд-во, 2002. – 256 с., ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖМЫХА КЕДРОВОГО ОРЕХА ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ХЛЕБА ПШЕНИЧНОГО

Е.А Зомберг¹, И.Т Александрова²

¹ студент гр. ТПП-10-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v35@istu.edu

² старший преподаватель кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: v35@istu.edu

Питательные свойства кедрового ореха обусловлены их качественным составом. Процесс переработки орехов в жмых не уменьшает количество белков, жиров и других полезных веществ. Польза жмыха кедрового ореха проявляется в том, что он абсорбирует и способствует выведению их из человеческого организма шлаки, усиливает иммунитет, улучшает обмен веществ.

Самым распространенным способом получения жмыха является холодный отжим, когда все полезные свойства кедрового ореха остаются в неизменном состоянии.

В кедровом жмыхе содержится около 17% легкоусвояемых белков, в состав которых входят 19 аминокислот, из них 70% - незаменимые. В нем также присутствуют микро- и макроэлементы, витамины, полиненасыщенные жирные кислоты: омега-3 и омега-6. Белок жмыха превышает идеальный белок по содержанию лизина, гистидина, метионина, цистеина и триптофана - наиболее дефицитных аминокислот. Кедровый жмых – ценный носитель жирорасщепляющих витаминов Е, Р, А, комплекса витаминов В. Содержащиеся биологически активные вещества, поддерживают работоспособность человека, и способствует нормализации обмена веществ и деятельности нервной системы.

Целью работы являлось определение оптимального количества кедрового жмыха для получения хлеба.

Использовали традиционную рецептуру хлеба пшеничного высшего сорта. Замешивали тесто безопасным способом с заменой муки на жмых в количестве 5, 7 и 10% как в виде порошка, так и в дробленом виде. Перед подачей жмых предварительно обжаривали до золотистой окраски и характерного приятного аромата.

При анализе органолептических и физико-химических показателей хлеба наиболее оптимальной дозировкой дробленого обжаренного жмыха является 5% к массе муки. При увеличении количества жмыха, хлеб получался низкого объема с плотным темным мякишем.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬНЫХ ЛИСТОВ С САХАРОМ НА МЕЛАНЖЕ С ВНЕСЕНИЕМ АРАБИНОГАЛАКТАНА

Е.А. Татарникова¹, О.В. Куприна¹, А.Е. Шестакова¹, Е.Н. Медведева²

¹Иркутский государственный технический университет, химико-металлургический факультет, кафедра химии и пищевой технологии, г. Иркутск, v35@istu.edu

²Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

В настоящее время особую актуальность приобретает создание продуктов питания нового поколения, что связано с недостаточной обеспеченностью населения биологически активными нутриентами. Одним из таких веществ является арабиногалактан - водорастворимый полисахарид, получаемый из древесины сибирской лиственницы [1,2].

Цель научно-исследовательской работы – разработка технологии вафель с сахаром на меланже [3] функционального назначения с внесением арабиногалактана.

Выпекали образцы вафельных листов с внесением арабиногалактана в дозировках от 0,3% до 5% к массе муки [4]. За технологическим процессом наблюдали посредством анализа органолептических и физико-химических показателей, данные которых представлены в таблицах 1 и 2. Определение количества арабиногалактана проводилось фотоэлектроколориметрическим методом [5].

Выпеченные вафельные листы по органолептическим показателям качества имеют круглую и нерасплывчатую форму, пропечены без следов непромеса, пористые, толщиной 2 – 3 мм, со свойственным для данного наименования вафель цветом, без постороннего привкуса и запаха.

По полученным данным органолептических показателей (табл. 1) и рисунку 1 видно, что исследуемые образцы с различной дозировкой арабиногалактана не отличаются от контрольного образца. По органолептическим показателям изделия с добавкой в количестве от 0,3 до 5% от массы муки, полностью соответствуют требованиям ГОСТ 14031 - 68.

Таблица 1 Данные органолептических показателей качества образцов вафельных листов.

Наименование показателя по ГОСТ 14031-68	Количество арабиногалактана к массе муки, %									
	0*	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Внешний вид	Поверхность с четким рисунком, края с ровным обрезаем без подтеков. Вафли должны иметь одинаковый размер и правильную форму, установленной для данного наименования.									
Цвет	Свойственный данному наименованию вафель									
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию вафель, без постороннего привкуса и запаха									
Строение в изломе	Вафельные листы равномерно пропеченные, с развитой пористостью, обладающие хрустящими свойствами									

Примечание: * – контрольный образец вафель

Выпеченные вафельные листы по физико-химическим показателям с добавлением арабиногалактана в количестве от 0,3 до 5% от массы муки, соответствуют требованиям ГОСТ 14031- 68.

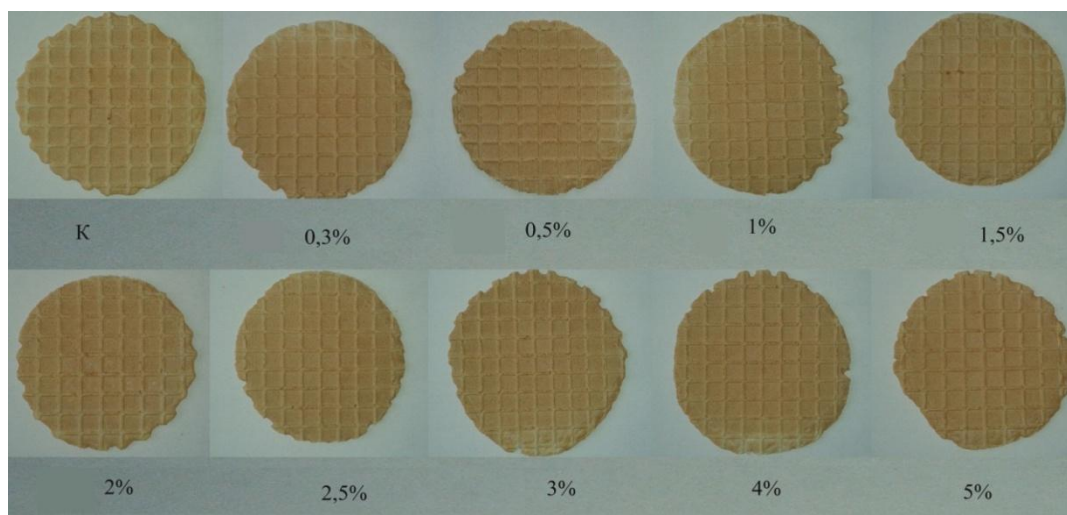


Рисунок 1 – Образцы вафельных листов

Из проведенных исследований видно, что вносимая добавка не влияет на показатели качества готовых изделий. Исходя из этого, возможно увеличение дозировки арабиногалактана до суточной потребности (20 г /сут) в 250 г вафельных листов – 8% арабиногалактана к массе муки.

Таблица 2 – Данные физико-химических показателей качества образцов вафельных листов

Наименование показателя	По ГОСТ	Количество арабиногалактана, % к массе муки									
		0	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Влажность, %	2,5±1	1,62	1,63	1,65	1,62	1,68	1,7	1,69	1,68	1,72	1,74
Щелочность,	не более	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

град.	2,0										
Массовая доля жира, %	не более 3	2,55	2,55	2,55	2,12	2,55	2,12	2,55	2,12	2,12	2,12
Массовая доля общего сахара, %	не более 4	1,79	1,83	1,85	1,92	1,99	2,06	2,13	2,21	2,26	2,35
Содержание арабиногалактана, %	-	-	0,32	0,50	1,10	1,62	2,04	2,82	3,34	4,10	5,66

Библиографический список

1. Медведева Е.Н. Арабиногалактан лиственницы - свойства и перспективы использования [Текст]/ Е.Н. Медведева, В.А. Бабкин, Л.А. Остроухова // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1. – С.27—37
2. Суюнчева, Б.О. Исследование возможности применения растворимого пищевого волокна при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий [Текст]/ Б.О. Суюнчева, А.А. Гетман, И.В. Николаенко // Сборник научных трудов СевКавГТУ Серия «Продовольствие» – 2005. – №1
3. Неретина, О.В. Функциональные мучные кондитерские изделия на основе арабиногалактана [Текст]/ Материалы докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции/О.В. Неретина, Е.Н. Медведева,– Иркутск, 15-17октября 2009г.-Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009.-С.45-47
4. Рецептуры на печенье, галеты и вафли [Текст]/ под ред. М.К Смирновой – М.: Из-во Пищевая промышленность, 1969г. – 537 с.
5. Ohr L. M. Prepared Foods [Текст]/ L.M. Ohr. – 2001. – V.170 – №1. – P.55.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОСОРБЕНТОВ В ПРОЦЕССАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Федорова О.С.¹, Рязанова Т.В.²

¹к.т.н., доцент кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск, e-mail: oc-57@mail.ru

²д.т.н., профессор кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск

Проблемы сохранения природы, рекультивации нарушенных территорий в местах добычи, транспортировки и переработки углеводов нарастают с каждым годом и требуют поиска новых решений для интенсификации восстановительных процессов.

Сбор и локализация нефтепродуктов в местах разлива осуществляется механическими или сорбционными методами, но полное очищение остаточных концентраций углеводородов в почве и водоемах может осуществляться только ферментативно. Биоокисление - процесс аэробный и серьезно лимитируется доступностью растворенного молекулярного кислорода, соотношением основных биогенных элементов при положительных температурах и достаточной влажности среды.

Экологическая биотехнология предполагает восстановление нефтезагрязненных территорий активацией собственной микрофлоры почвы созданием оптимальных условий для усиления окислительной ферментативной активности, что в северных территориях крайне проблематично. Либо внесение биопрепаратов, полученных культивированием специализированной углеводородоксилирующей микрофлоры в жидком или иммобилизованном виде.

Определенные преимущества в этом случае имеют биосорбенты, комбинированного действия, в частности «Унисорб-Био», полученный на основе карбамидной смолы и древесной коры с иммобилизованной нефтеоксилирующей микрофлорой. Благодаря высокопористой структуре, он обладает высокой нефтеемкостью, а его компоненты создают благоприятное соотношение биогенов в системе углерод : азот : фосфор, ускоряя окисление компонентов загрязнителя как иммобилизованной, так и аборигенной микрофлорой [1-2].

Применение биосорбента позволяет осуществлять одновременно сбор и удержание нефти, локализацию разлива и биоокисление углеводородов *in situ*, на месте, с использованием ферментативных возможностей микроорганизмов.

В результате работы по изучению процесса биодеструкции углеводородов на кафедре ХТД и БТ создана коллекция аборигенных нефтеокислителей, бактерий и актиномицетов, устойчивых к высоким концентрациям нефти и адаптированных к сорбенту. Биомасса, полученная в жидкофазном глубинном процессе использовалась для иммобилизации на сорбент и получения биопрепарата.

В экспериментах с искусственно загрязненной почвой с концентрацией мазута 30 % (масс.) в нескольких вариантах проводились исследования процесса биодеструкции с применением актиномицетов титр КОЕ при внесении $1,4 - 1,8 \cdot 10^{10}$ кл./мл на грамм сорбента или коры. Сравнительная характеристика процессов биодеструкции мазута при внесении модифицированного сорбента и измельченной коры березы приведена на рисунке 1.

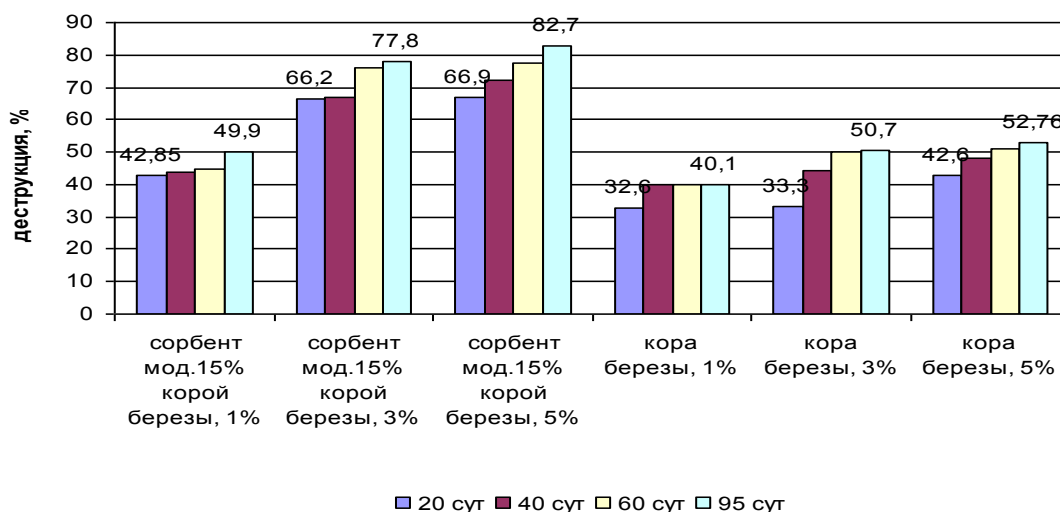


Рисунок 1 - Утилизация мазута с применением коры березы и сорбента с ее содержанием.

Максимальная утилизация с применением коры, независимо от количества внесенной, составила менее 50%, что ниже показателей с применением биосорбента в среднем в 1,7-2 раза. Результаты показали, что несмотря на достаточно сложный химический состав и консистенцию, мазут, может быть подвергнут микробной деструкции за короткий период, три месяца, при создании благоприятных условий для развития микрофлоры.

Таким образом, внесение исследуемого коросодержащего биосорбента с иммобилизованной нефтеокисляющей микрофлорой позволяет начать незамедлительную борьбу с нефтезагрязнением, существенно сократить время ремедиации почвы. Его можно рекомендовать для снижения уровня загрязнения и восстановления почвы для проведения посевов устойчивых остаточным углеводородам растений за один вегетационный период.

Библиографический список

1. Стригунова, А. А. Получение пеносорбентов с заданными свойствами на основе карбамидных смол [Текст]: дис. канд. техн. наук: 03.00.16: защищена 28.12.01 / А. А. Стригунова: Сиб. гос. технол. ун-т. – Красноярск, 2001. – 110 с.
2. Перспективы решения проблемы ликвидации нефтяных загрязнений [Текст] / Т. В. Рязанова [и др.]. – Красноярск.: Вестник СибГТУ № 2, 2000. – 61 – 64 с.

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Д.С.Владыкина¹, С.А.Ламоткин², О.А.Попина³, Е.В.Литвинова⁴,
Н.М.Петлицкая⁵

¹ магистр биол. наук, аспирант кафедры химической переработки древесины БГТУ, г.Минск, e-mail: vladykina.darya.bstu@yandex.by

² к.х.н., доцент кафедры физико-химических методов сертификации продукции БГТУ, г.Минск, e-mail: jossby@rambler.ru

³ студент гр. ФХМСП–12, технологии органических веществ БГТУ, г.Минск

⁴ к.б.н., зав. отдела биологических испытаний РУП «Белмедпрепараты»

⁵ зав. агрохимической лабораторией УП «Минскзеленстрой»

Несмотря на разнообразие современных принципов создания лекарственных средств, поиск перспективных соединений среди веществ растительного происхождения продолжает оставаться одним из основополагающих при разработке высокоэффективных и безопасных лечебно-профилактических препаратов. Антимикробная активность различных хвойных растений широко изучается учеными России, Латвии, Турции, Румынии, Канады. Наибольший интерес вызывают пихта сибирская (*Abiessibirica* L.), сосна обыкновенная (*Pinussylvestris* L.) и ель европейская (*Piceaabies* (L) Karst) [1-3]. На базе эфирных масел хвойных растений получены препараты для лечебной и профилактической медицины, товаров бытовой химии и сельского хозяйства [4].

В связи с чем, в качестве объектов исследования были выбраны различные виды ели, пихты и можжевельника, произрастающие на территории Республики Беларусь, как в естественных условиях, так и в условиях города.

Древесная зелень отбиралась с нескольких деревьев, с целью получения статистики контроля однородности образцов в осенне-зимние месяцы 2012 г., когда выход эфирного масла достигает максимального значения, а его состав стабилизируется. Эфирные масла получали в насадке Клевенджера методом гидродистилляции из 200 г хвои. Анализ состава эфирных масел осуществляли методом газо-жидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой 100%-ымдиметилсилоксаном. Условия хроматографического анализа позволяют максимально разделить индивидуальные компоненты эфирного масла. Идентифицировано ~ 59 компонентов эфирного масла, что составляет порядка 95–97 масс.% от общего количества компонентов.

Основные компоненты эфирного масла пихты сибирской и елей различных видов (содержание больше 1 масс.%) сантен, трициклен, α-пинен,

камфен, β -пинен, Δ^3 -карен, лимонен, камфора, борнеол, борнилацетат, β -кариофиллен, α -гумулен. Качественный состав эфирных масел пихты и ели схожи, существенно отличается количественный вклад отдельных компонентов, также для каждого масла присутствуют свои минорные компоненты.

Для эфирного масла можжевельника обыкновенного наиболее характерными соединениями являются α -пинен, камфен, сабинен, β -пинен, мирцен, α -фелландрен, Δ^3 -карен, лимонен, терпинолен, борнилацетат, γ -мууролен, δ -кадинен. Особо следует отметить высокое содержание 1,8-цинеола.

Испытания антимикробной активности образцов эфирных масел проводилось с использованием тест-культур грамположительных *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P, *Bacillus subtilis* ATCC 6633 и грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, а также грибов *Candida albicans* ATCC 885-653. Растворы эфирных масел готовят в разведении 1:10, 1:50, 1:100. В стерильные чашки Петри вносят по 1 мл каждого разведения исследуемого эфирного масла. В контрольные чашки вносят по 1 мл растворителя, который используется для получения разведения. В чашки Петри добавляют по 15-20 мл расплавленной и охлажденной до 45°C среды. На поверхность бактериологической петлей наносят инокулянт каждого тест-штамма бактерий и грибов. Инкубируют при заданной температуре. Отсутствие роста тест-микроорганизма на среде с препаратом свидетельствует о том, что исследуемый препарат в данном разведении обладает антимикробным действием в отношении определенного тест-микроорганизма.

В отношении *Staphylococcus aureus* все эфирные масла хвойных растений демонстрировали активность при разведении 1:100. В отношении остальных микроорганизмов пихта сибирская не демонстрировала активности, в то время как эфирные масла можжевельника и ели были активны в отношении *Bacillus subtilis* ATCC 6633 и *Pseudomonas aeruginosa* в разведении 1:10. Интересно отметить, что эфирные масла, полученные из хвои деревьев, произрастающих в условиях техногенного загрязнения, демонстрировали более высокую антимикробную активность. Так эфирные масла *P. abies* и *P. pungens*, проявляют антимикробную активность в отношении *Candida albicans* в разведении 1:10.

Библиографический список

1. Coniferous greenery – valuable natural raw material of biologically active substances / S. Siksnas, I. Daberte, I. Barene [et al.] // *Medicines teorija ir praktika*. – 2012. – Т. 18, № 2. – Р. 146-148.
2. Antimicrobial activity of essential oils of some *Abies* (Fir) Species from Turkey / Eyup Bagci, Metin Digrak // *Flavor and fragrance Journal*. – 1996. – Vol. 11. – Issue 4. – Р. 251-256.

3. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from shoots spruce (*Picea abies* L) / Valeria Radulescu, Crina Saviuc, Carmen Chifiriuc [et al] // Revista de chimie. – 2011. – Vol. 62, No. 1. – P. 69-74.

4. Ушанова, В.М. Комплексная переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением продуктов, обладающих биологической активностью/ автореф. дисс. на соискание степени к.т.н.– 2012г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СУБКРИТИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ ВОДНО-СПИРТОВОЙ СМЕСЬЮ

Волкова А. Д.¹, Евстафьев С. Н.²

¹студент гр. ТПП-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nutik123@rambler.ru

²д.х.наук, зав. кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

Основной тенденцией развития топливного рынка считают биоэнергетику. Ожидается, что она в ближайшие 30-40 лет станет доминирующей в развитии мировой системы энергообеспечения. Применение биотоплив из возобновляемого сырья позволяет уменьшить потребление нефтяных ресурсов, улучшить эксплуатационные характеристики топлив, снизить загрязнения окружающей среды и решить проблему выброса парниковых газов.

Лигноцеллюлоза является самой богатой возобновляемой биомассой. Поэтому ее можно рассматривать в качестве альтернативы углеводородному сырью при производстве моторных топлив, таких как биоэтанол, биобутанол и биодизель[1].

Солома является доступным лигноцеллюлозным сырьем. Для ее выращивания не требуется дополнительных земельных участков, техники на уборку. Основными компонентами соломы являются целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин. Две трети биомассы соломы составляют целлюлоза и гемицеллюлозы. Они являются основными поставщиками сбраживаемых сахаров. Классическая технология получения биотоплива включает три стадии: предварительную обработку, ферментализацию и ферментацию.

Одним из способов предварительной обработки соломы является экстракция в суб- и сверхкритических условиях. Известно [2], что этанол в сверхкритических условиях обладает повышенной экстракционной способностью к продуктам фрагментации лигнина, а вода в этих условиях проявляет заметные кислотные свойства, что может способствовать повышению степени гидролиза полисахаридов. Возможно, что их совместное

использование будет способствовать повышению эффективности предподготовки и увеличению выхода растворимых продуктов.

Целью работы являлось исследование динамики основных компонентов соломы пшеницы в условиях процесса экстракции водно-спиртовой смесью.

Работа выполнена с образцами соломы пшеницы крупностью 1-5 мм. Компонентный состав соломы (% на а.с.м.): целлюлоза 41,9; лигнин 23,5; пентозаны 18,9[1].

Эксперимент проводили на лабораторной экстракционной установке при температуре 260 °С, давлении 30 МПа и продолжительности 10 минут. Экстрагирование проводили водно-спиртовой смесью с содержанием этанола 20, 40, 60, 80 и 96% .

Полученные твердые остатки после экстракции исследовали на содержание целлюлозы, лигнина и пентозанов. Из полученных экстрактов выделяли гексанорастворимые соединения и этаноллигнин. Из остатка экстракта обработкой дистиллированной водой 98 °С (гидро модуль 1:10, продолжительность 1ч) и последующего упаривания водного извлечения получали водорастворимые соединения.

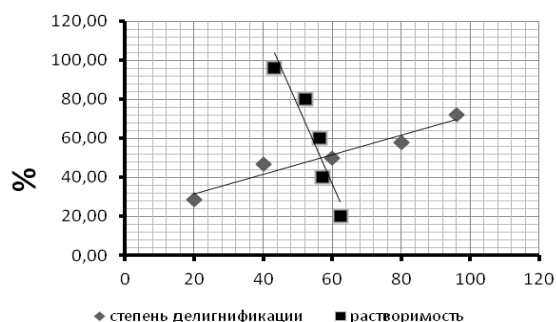


Рисунок 1 – Зависимость растворимости и степени делигнификации соломы от концентрации водно-спиртовой смеси

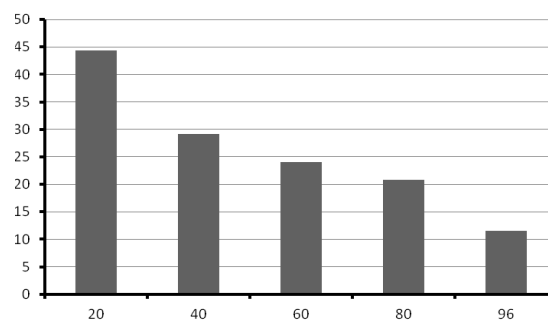


Рисунок 2 – Содержание лигнина в твердых остатках в зависимости от концентрации водно-спиртовой смеси

При возрастании доли спирта в водно-спиртовой смеси снижается растворимость веществ до 43,2% (Рис. 1). В твердых остатках наблюдается понижение содержания лигнина до 11,5% с повышением концентрации этанола, что указывает на протекание процесса делигнификации (Рис. 2).

С увеличением доли воды в экстрагенте наблюдается повышение эффективности гидролиза целлюлозы и пентозанов. Степень гидролиза при содержании воды 20% составляет 14,7%, а повышение ее содержания до 80% степень увеличивается до 24,6%. Несмотря на это, относительное содержание целлюлозы в твердых остатках возрастает до 83,6%. Пентозаны обнаружены в следовых количествах только в твердых остатках, которые

получены после экстракции водно-спиртовой смесью 80% и 96% содержание этанола.

Таблица – Элементный состав твердых остатков

концентрация спирта, %	C, %	H, %	O, %	N, %	(H/C) _{ат}	(O/C) _{ат}
96	44,24	5,07	37,53	0,32	1,38	0,64
80	43,99	4,89	37,08	0,41	1,33	0,63
60	45,37	4,92	35,74	0,39	1,3	0,59
40	44,68	5,11	38,44	0,28	1,37	0,65
20	52,31	4,9	31,19	0,56	1,12	0,45

Согласно данным таблицы элементный состав твердых остатков соломы после экстрагирования водно-спиртовой смесью с разной концентрацией этанола практически не меняется.

Библиографический список

1. Фомина Е. С., Волкова А.Д., Евстафьев С. Н. Состав водорас-творимых продуктов этанолиза соломы пшеницы// Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов 2012. с.
2. Евстафьев С.Н., Фомина Е.С., Привалова Е.А. Этаноллиз пше-ничной соломы в условиях до- и сверхкритической экстракции //Химия растительного сырья. 2011. №4. с. 15-18.
3. Применение соломы зерновых культур на удобрение в Том-ской области // Рекомендации/СибНИИТ СО РАСХН. Департамент соци-ально – экономического развития села Томской области. – Томск, 2004. – 10 с.

ЭТАНОЛИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ

С.В.Филиппов¹, Хоанг Куанг Кыонг², С.Н.Евстафьев³

¹ студент гр. ТПП-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: fillzzz@list.ru

² студент гр. ХТО-09-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск.

³ д.х.н., профессор кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Ир-кутск, e-mail: esn@istu.edu

На сегодняшний день основным источником энергии, топлива, го-рюче-смазочных материалов и прочих продуктов является нефть и газ, от-носящиеся к невозобновляемым ресурсам. Использование этих ресурсов наносит вред окружающей среде, поэтому необходима разработка новых источников альтернативной энергии. Одним из таких источников может быть биотопливо, полученное из лигноцеллюлозного сырья.

Получение биотоплив состоит из нескольких стадий, одна из которых – это предподготовка лигноцеллюлозного сырья для последующего ферментализа. Данная стадия необходима для удаления из сырья сопутствующих компонентов, таких как лигнин и гемицеллюлоза, поскольку они связаны с целлюлозой и препятствуют доступу ферментов к ней. Известно множество способов предподготовки основанных на делигнификации, аморфизации целлюлозы, измельчении, нарушении структуры, использовании микроорганизмов [1]. Однако все уже используемые способы либо малоэффективны, либо дорогостоящи, либо загрязняют окружающую среду.

Одним из наиболее перспективных, экологически чистых и эффективных способов является этанолиз в сверхкритических условиях. Применение этанола в качестве растворителя наиболее эффективно за счет его низких критических параметров (514 К, 6,14 МПа), высокой способности растворять жиры и лигнин [2].

Цель работы – исследование влияния температуры, давления и продолжительности этанолиза на процессы гидролиза полисахаридов и лигнина соломы пшеницы.

Работа выполнена с образцами соломы крупностью 1-5 мм, предварительно высушенной в сушильном шкафу при температуре 60°C. Компонентный состав соломы, в % на а.с.м.: целлюлоза 41,9; лигнин 23,5; пентозаны 18,9.

Экстракция выполнена на установке, принципиальная схема которой, а так же методика выполнения, представлены в работе [2]. Полученный экстракт после отгона спирта экстрагировали гексаном, остаток растворяли в этаноле, концентрированный этанольный экстракт смешивали с дистиллированной водой в соотношении 1:3 и выделяли центрифугированием этаноллигнин.

Твердые остатки этанолиза анализировали на содержание целлюлозы и лигнина [3].

Получены новые данные о количественном выходе этанолрастворимых веществ из соломы пшеницы в условиях суб- и сверхкритического этанолиза при изменении температуры от 165 до 355°C (рис.1), продолжительности от 10 до 60 мин. (рис.2), давления от 10 до 30 МПа (рис.3).

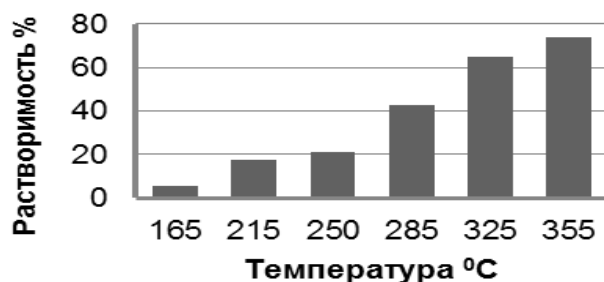


Рис. 1 – Зависимость выхода растворимых продуктов от температуры (30 МПа, 10 мин.)

Согласно полученным данным, при повышении температуры выход растворимых веществ увеличивается. В субкритических условиях процесса их выход незначителен и не превышает 20% на а.с.м. Переход в сверхкритическую область этанолиза сопровождается резким воз-

растанием выхода этанолрастворимых продуктов с 20% при 250 °С до 74% при 355 °С.

Изменение продолжительности этанолиза практически не влияет на выход растворимых продуктов, при 10 и 30 минутах значения растворимости практически равны и составляют 42-43%, однако при 60 минутах наблюдается значительное увеличение растворимости, которое достигает 70% на а.с.м.

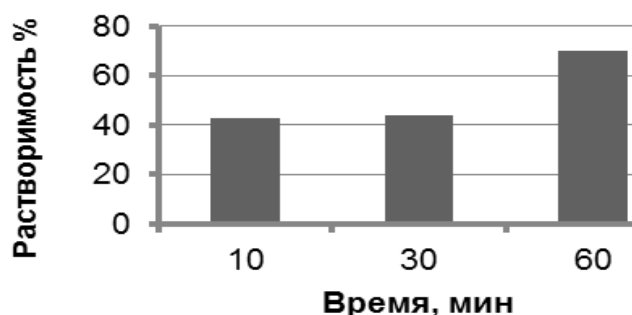


Рис. 2 - Зависимость выхода растворимых продуктов от продолжительности (285 °С, 30 МПа)

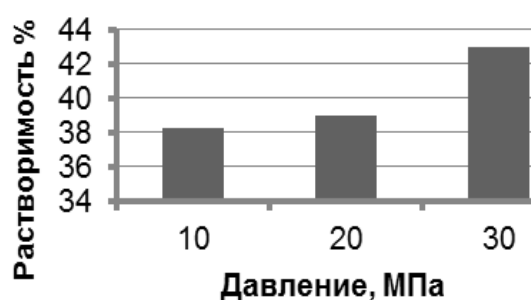


Рис. 3 - Зависимость выхода растворимых продуктов от давления (285 °С, 10 мин.)

При 10 и 20 МПа растворимость составляет 38-39%, а при 30 МПа достигает 43%. В связи с этим можем сделать вывод о том что изменение давления вызывает незначительное увеличение расворимости.

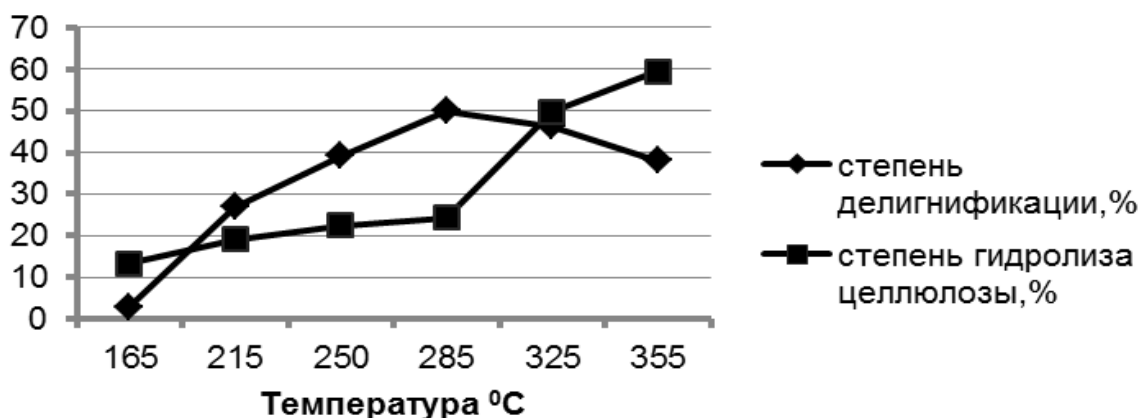


Рис. 4 – Зависимость степеней делигнификации и гидролиза целлюлозы от температуры.

Как видно из рисунка 4, степень гидролиза целлюлозы в интервале температур 165-285°С плавно возрастает до 20%. При последующем повышении температуры до 355°С она резко увеличивается до 60%. Степень делигнификации соломы пшеницы проходит через максимум при 285°С (50%). Последующее снижение можно объяснить тем, что при температурах выше 285°С, вероятнее всего, происходит коксование.

Библиографический список

1. Синицин А.П., Гусаков А.В., Черноглазов В.М. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов. М., 1995. 224 с.
2. Евстафьев С.Н. Этаноллиз пшеничной соломы в условиях до- и сверхкритической экстракции/ С.Н. Евстафьев, Е.С. Фомина, Е.А. Привалова: Статья. Химия растительного сырья. 2011. №4. 15-18 с.
3. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. Учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АРАБИНОГАЛАКТАНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАФЕЛЬНЫХ ЛИСТОВ НА МЕЛАНЖЕ С ФОСФАТИДАМИ

Е.А. Татарникова¹, О.В. Куприна¹, У.Ю. Кузнецова¹, Е.Н. Медведева²

¹Иркутский государственный технический университет, химико-металлургический факультет, кафедра химии и пищевой технологии, г. Иркутск, v35@istu.edu

²Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

В настоящее время актуальной проблемой для России является проблема здоровья населения. В связи с этим, все большее значение приобретают продукты питания функционального назначения. Особое внимание при этом должно уделяться продуктам массового потребления, в том числе мучным кондитерским изделиям. Очень перспективной добавкой является арабиногалактан – водорастворимый полисахарид из древесины лиственницы сибирской и Гмелина [1,2]. Ранее нами были проведены исследования по применению арабиногалактана в рецептурах бисквитного полуфабрикат, песочного печенья и сырцовых пряников [3]. Установлено, что оптимальная концентрация арабиногалактана к массе муки составляет не более 4 %, выше которой органолептические показатели изделий ухудшаются (мякиш приобретает серый оттенок и грубую структуру, уменьшается объем изделий). Поэтому для дальнейших исследований выбрали другой вид мучных кондитерских изделий – вафельные листы.

Целью данной работы является определение оптимального количества вносимого арабиногалактана в производстве вафельных листов на меланже с фосфатидами [4], а также исследование показателей качества готовых изделий.

Выпекали образцы вафельных листов с внесением арабиногалактана аналогично в дозировках от 0,3% до 5% к массе муки [3]. За технологическим процессом наблюдали посредством анализа органолептических и фи-

зико-химических показателей, данные которых представлены в таблицах 1 и 2.

По органолептическим показателям все выпеченные изделия соответствуют требованиям ГОСТа – 140031-68, имеют равномерно пропеченную мелкопористую структуру.

Определение остаточного содержания арабиногалактана в процессе производства вафельных проводили фотоэлектроколориметрическим методом [5].

Таблица 1 – Данные органолептических показателей качества образцов вафельных листов

Наименование показателя	По ГОСТ 14031-68	Количество арабиногалактана, % к массе муки									
		0	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Форма и поверхность	Форма правильная, четким рисунком, без пузырей пятен и трещин										
Цвет	От светло-желтого до желтого										
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию, без посторонних привкуса и запаха										
Строение в изломе	Равномерно пропеченные, с развитой пористостью, обладающие хрустящими свойствами										

По данным таблицы 2 следует, что все показатели соответствуют ГОСТ 14031-68. Массовая доля общего сахара закономерно увеличивается, в связи с увеличением количества арабиногалактана. Показатели остаточного содержания арабиногалактана в вафельных листах соответствуют внесенному количеству добавки в образцы.

Таблица 2 – Данные физико-химических показателей качества образцов вафельных листов

Наименование показателя	По ГОСТ 14031-68	Количество арабиногалактана, % к массе муки									
		0	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Влажность, %	2,5±1	1,66	1,69	1,7	1,67	1,62	1,64	1,7	1,59	1,61	1,72
Щелочность, град.	не более 2,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Массовая доля жира, %	не более 3	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Массовая доля общего сахара, %	не более 2	0,59	0,63	0,65	0,73	0,80	0,85	0,91	0,94	1,03	1,13
Содержание арабиногалактана, %	-	-	0,32	0,50	1,04	1,58	2,24	2,78	3,38	4,56	5,64

Из проведенных исследований видно, что арабиногалактан не влияет на показатели качества готовых изделий. Из проведенных исследований видно, что вносимая добавка не влияет на показатели качества готовых изделий. Исходя из этого, возможно увеличение дозировки арабиногалактана до суточной потребности (20 г /сут) в 250 г вафельных листов, что соответствует 8% арабиногалактана к массе муки.

Библиографический список

1. Медведева Е.Н. Арабиногалактан лиственницы - свойства и перспективы использования [Текст]/ Е.Н. Медведева, В.А. Бабкин, Л.А. Остроухова // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1. – С.27—37
2. Суюнчева, Б.О. Исследование возможности применения растворимого пищевого волокна при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий [Текст]/ Б.О. Суюнчева, А.А. Гетман, И.В. Николаенко // Сборник научных трудов СевКавГТУ Серия «Продовольствие» – 2005. – №1
3. Неретина, О.В. Функциональные мучные кондитерские изделия на основе арабиногалактана [Текст]/ Материалы докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции/ О.В. Неретина, Е.Н. Медведева, – Иркутск, 15 – 17 октября 2009г. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – С. 45—47.
4. Рецептуры на печенье, галеты и вафли [Текст]/ под ред. М.К Смирновой – М.: Из-во Пищевая промышленность, 1969г. – 537 с.
5. Ohr L. M. Prepared Foods [Текст]/ L.M. Ohr. – 2001. – V.170 – №1. – P.55.

ЛИСТОВЫЕ ВАФЛИ С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ

Е.А. Татарникова¹, О.В. Куприна¹, Р.Б. Халтанова¹, Е.Н. Медведева²

¹Иркутский государственный технический университет, химико-металлургический факультет, кафедра химии и пищевой технологии, г. Иркутск, v35@istu.edu

²Иркутский институт химии имени А.Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

В современном мире все большее значение приобретают продукты питания функционального назначения, обладающие не только обычной пищевой ценностью, но и дополнительными лечебно-профилактическими свойствами. При их производстве особое внимание должно уделяться продуктам массового потребления, в том числе хлебобулочным и мучным кондитерским изделиям.

Одной из перспективных профилактических добавок является арабиногалактан из древесины лиственницы сибирской и Гмелина [1,2].

Целью научно-исследовательской работы являлось исследование влияния арабиногалактана на технологию производства вафель «Ванильные» (с повышенным содержанием сахара-песка в составе рецептуры) [3] и изучение органолептических и физико-химических показателей качества готовой продукции.

Образцы вафельных листов выпекались с внесением арабиногалактана в дозировках от 0,3% до 5% к массе муки [4]. За технологическим процессом наблюдали посредством анализа органолептических и физико-химических показателей, данные которых представлены в таблицах 1 и 2. Содержание арабиногалактана определяли фотоколориметрическим методом [5].

Таблица 1 - Данные органолептических показателей качества образцов вафельных листов.

Наименование показателя по ГОСТ 14031-68	Количество арабиногалактана к массе муки, %									
	0*	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Внешний вид	Поверхность с четким рисунком, края с ровным обрезом без подтеков. Вафли должны иметь одинаковый размер и правильную форму, установленной для данного наименования.									
Цвет	Свойственный данному наименованию вафель									
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию вафель, без постороннего привкуса и запаха									
Строение в изломе	Вафельные листы равномерно пропеченные, с развитой пористостью, обладающие хрустящими свойствами									

Примечание: * - контрольный образец вафель

Таблица 2 – Данные физико-химических показателей качества образцов вафельных листов

Наименование показателя	По ГОСТ	Количество арабиногалактана, % к массе муки									
		0	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
Влажность, %	2,5±2	2,53	2,6	2,77	2,63	2,69	2,75	2,86	3,04	3,02	3,05
Щелочность, град.	не более 2,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Массовая доля жира, %	7±2	6,98	6,98	6,98	6,53	6,98	6,98	6,53	6,98	6,53	6,53
Массовая доля общего сахара, %	не более 30	8,75	8,83	8,91	9,03	9,15	9,24	9,38	9,65	9,9	10,17

Содержание арабиногалактана, %	-	-	0,34	0,56	1,14	1,70	2,04	2,62	3,12	4,20	5,20
--------------------------------	---	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------

В результате работы исследовано влияние арабиногалактана на технологию производства вафель «Ванильные» с повышенным содержанием сахара-песка в рецептуре. Установлено, что арабиногалактан в количестве от 0,3 до 5% к массе муки не оказывает заметного влияния на показатели качества готовых вафельных листов. Исходя из этого, возможно увеличение дозировки арабиногалактана до суточной потребности человека, что составляет 20 г/сут в 250 г вафельных листов, в связи, с чем планируется провести выпечки образцов вафельных листов с внесением арабиногалактана до 8% к массе муки.

Библиографический список

1. Суюнчева, Б.О. Исследование возможности применения растворимого пищевого волокна при производстве хлебобулочных и кондитерских изделий [Текст]/ Б.О. Суюнчева, А.А. Гетман, И.В. Николаенко // Сборник научных трудов СевКавГТУ Серия «Продовольствие» – 2005. – №
2. 1Медведева Е.Н. Арабиногалактан лиственницы - свойства и перспективы использования [Текст]/ Е.Н. Медведева, В.А. Бабкин, Л.А. Остроухова // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1. – С.27—37
3. Рецептуры на печенье, галеты и вафли [Текст]/ под ред. М.К. Смирновой – М.: Из-во Пищевая промышленность, 1969г. – 381 с.
4. Неретина, О.В. Функциональные мучные кондитерские изделия на основе арабиногалактана [Текст]/ Материалы докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции/ О.В. Неретина, Е.Н. Медведева,– Иркутск, 15 – 17 октября 2009г. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. – С. 45—47.
5. Ohr L. M. Prepared Foods [Текст]/ L.M. Ohr. – 2001. – V.170 – №1. – P.55.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФИЛЬНЫХ БАВ СЕМЯН СОСНЫ СИБИРСКОЙ

В.Г. Ширеторова¹, А.Г. Хантургаев²

¹ к.т.н., научный сотрудник лаборатории химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, г.Улан-Удэ, e-mail: vshiretorova@rambler.ru

² к.т.н., доцент кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ВСГУТУ, Улан-Удэ, e-mail: aavn@mail.ru

Богатым источником растительного масла и пищевых белков являет-

ся кедровый орех (семена сосны сибирской). Содержание масла в нем достигает 65-68%. Благодаря высокому содержанию в кедровом масле полиненасыщенных жирных кислот и жирорастворимых витаминов, оно широко используется при создании продуктов функционального питания, лечебно-профилактических добавок и в косметической промышленности.

В настоящее время кедровое масло выделяют, в основном, прессовым способом, не обеспечивающим полного обезжиривания семян, а применение при экстракции токсичных растворителей и длительный нагрев снижают качество и биологическую ценность получаемых масла и шрота. В связи с этим, нами был разработан способ получения кедрового масла экстракцией этиловым спиртом в электромагнитном поле (ЭМП) СВЧ (патент РФ № 2194070), который позволяет значительно интенсифицировать процесс экстракции, сохранить биологическую ценность компонентов и получить высококачественные экологически чистые продукты. Определены оптимальные технологические параметры экстракции масла из ядер семян сосны сибирской этиловым спиртом в ЭМП СВЧ. Физико-химические характеристики и химический состав кедрового масла, полученного при оптимальных условиях процесса, свидетельствуют о его высоком качестве.

В местах промышленной переработки кедровых орехов накапливается большое количество отходов в виде скорлупы, составляющей 51-59% от массы орехов. В кедровой скорлупе содержится 12-20% дубильных веществ - таннидов, обладающих дубящими, красящими, антиоксидантными, дезинфицирующими, антисептическими свойствами. Существующие способы получения экстрактов из растительного сырья являются длительными и энергозатратными. В связи с этим, нами был разработан способ получения экстрактивных веществ из скорлупы кедрового ореха водными, водно-спиртовыми, водно-содовыми растворами в ЭМП СВЧ (патент №2351641), позволяющий значительно интенсифицировать процесс экстракции и увеличить выход экстрактивных веществ. Методом математического планирования установлены оптимальные технологические параметры извлечения экстрактивных веществ из скорлупы и определены кинетические закономерности процесса. Определен химический состав полученных экстрактов. Исследована возможность их применения в пищевой, фармацевтической и кожевенно-меховой промышленности.

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВОДНО-ЩЕЛОЧНОГО ЭКСТРАКТА КОРЫ СОСНЫ

Тюлькова Ю.А.¹, Рязанова Т.В.², Еременко О.Н.³, Тарченкова Т.М.⁴

¹ аспирант кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск, e-mail: tulichka15@mail.ru

² д.т.н., профессор кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск

³ к.т.н., доцент кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск

⁴ к.т.н., доцент кафедры Химической технологии древесины и биотехнологии СибГТУ, г. Красноярск,

В связи с необходимостью решения актуальной задачи по повышению комплексности переработки лесного сырья в последнее время все большее внимание привлекают экстрактивные вещества древесины, хвои и коры хвойных растений. Экстрактивные вещества коры хвойных в основном представлены фенольными соединениями, которые представляют особый интерес в отраслях, как дубильно-экстрактовое производство и медицина.

Одним из наиболее широко используемых видов древесного сырья является сосна обыкновенная и сибирская, занимающая второе место после лиственницы по распространенности в России.

В данной статье представлены результаты исследований фенольного состава экстрактов коры сосны методом УФ-спектрофотометрии (СФ-4 и "Spesord" в 80%-ном этаноле), ИК-спектрофотометрии (Спектроскан) и ТСХ. ТСХ развивали в системе бензол – ацетон (3÷1) на пластинках Lucefol. В качестве проявителя использовали раствор диазотированной сульфаниловой кислоты. Исследованию подверглись: исходный водно-щелочной нейтрализованный экстракт, фильтрат и концентрат экстракта после облагораживания на ультрафильтрационной установке.

Экстракцию коры сосны проводили в оптимальном режиме, представленном в предыдущих работах [3]. Нейтрализовали экстракт с помощью ионообменной смолы КУ-2. Облагораживание экстракта провели на ультрафильтрационной установке УПЛ-0,6 с мембранным модулем с полыми волокнами ВПУ-15.

Полученные экстракты по своему групповому составу в основном представлены мономерными и полимерными фенольными соединениями.

Сравнительный анализ ТСХ показал, что во всех образцах экстракта согласно R_f [1, 2] и окраске пятен присутствуют следующие вещества: п-оксибензойная, п-кумаровая, кофейная (3,4-диоксикоричная), ванилиновая, феруловая и протокатеховая (3,4-диоксибензойная) кислоты.

УФ-спектры исследуемых экстрактов имеют максимум поглощения при 276-300 нм и минимум — при 250-260 нм, что соответствует характерным полосам поглощения катехинов и лейкоантоцианов [4]. Это подтверждает принадлежность полимерных фенольных веществ коры сосны к группе конденсированных танидов [5].

Сравнение ИК-спектров всех экстрактов еще раз подтверждает принадлежность фенольных соединений к растительным дубильным веществам [6]. Широкая полоса поглощения в области 3100-3500 см обусловлена наличием ассоциированных гидроксильных групп, которые перекрывают полосы С-Н связей ароматического цикла при 3020 см. Интенсивные полосы при 2850-2920 см характеризуют валентные колебания С-Н связи в метоксильных группах. Полосы при 1700-1720 см относятся к колебаниям связей С=О сложно-эфирных групп. На присутствие карбонильных соединений в ароматическом кольце указывают полосы в диапазоне 1600-1700 см. Колебания в области 1400-1600 см относятся к колебаниям связей С=С в ароматических и алифатических группах. Полосы поглощения в области 900-1500 см относятся к колебаниям углеродного скелета. К асимметрическим колебательным частотам связей С-О-С в метоксильных группах относятся полосы поглощения при 1280-1290 см. В области 1200-1000 см наблюдаются деформационные колебания связей Н-О. При этом колебания при 1200-1180 см относятся к колебаниям свободных фенольных групп -ОН, а полосы при 1050 см указывают на присутствие гетероциклов с кислородным гетероатомом.

Таким образом, в результате исследования исходного водно-щелочного экстракта коры сосны и экстракта после облагораживания был определен фенольный состав, который представлен различными мономерными и полимерными веществами. Полимерный состав фенолов в основном представлен конденсированными танидами. В состав мономерных фенолов в основном входят фенолкислоты. Полученные данные хорошо согласуются с литературными данными.

Библиографический список

1. Корбукова, И.В. Особенности химического состава корки и луба *Pinus sylvestris* L.: дис. ... канд.хим.наук. – Спб, 1996. – 160 с.
2. Громова, А.С. Фенолкислоты и их производные из коры некоторых видов пихты, ели и сосны. / Громова А.С., Луцкий В.И., Тюкавкина В.А./ Химия древесины. №4. 1978 – с. 99-102
3. Тюлькова, Ю.А. Характеристические параметры процесса экстракции коры сосны водно-щелочным раствором. / Тюлькова Ю.А., Рязанова Т.В./ Химия растительного сырья. №4. 2011 – с. 49-52
4. Блажей, А. Фенольные соединения растительного происхождения. / Блажей А., Шутый Л. -М.: Мир, 1977. - 240 с.
5. Лейман, З.А. Изучение полифенолов коры лиственницы сибирской: Автореферат. Дис... канд.хим.наук. - Алма-Ата, 1974. - 26 с.

6. Преч, Э. Определение строения органических соединений. / Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. – М.: 2006. – 442 с.

БИОДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ ЧАСТИ ТОПИНАМБУРА ГРИБАМИ РОДА *TRICHODERMA*

М.А. Пикозина¹, Н. А. Чупрова², Т. В. Рязанова³

¹ аспирант кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сиб ГТУ, г. Красноярск, e-mail: bioleif@yandex.ru

² к.т.н., доцент кафедры химической технологии древесины и биотехнологии Сиб ГТУ, г. Красноярск, e-mail: n-chuprova 2013@yandex.ru

³ д.т.н., профессор, заведующий кафедрой химической технологии древесины и биотехнологии Сиб ГТУ, г. Красноярск, e-mail: tatyana – htd098@mail.ru

Грибы рода *Trichoderma* – типичные сапрофитные организмы. Полученные на их основе биопрепараты применяются в сельском хозяйстве для подавления развития фитопатогенов, угнетающих развитие возбудителей болезней растений. Создание защитных биопрепаратов на основе грибов рода *Trichoderma*, можно успешно совместить с процессом утилизации отходов растительного сырья, богатых полисахаридами.

В качестве биологического объекта были выбраны грибы рода *Trichoderma* sp. штаммы «М99/1» и «М99/9». Это аборигенные штаммы рода *Trichoderma*, выделенные из почв Мининского лесопитомника в период 1998-2000 гг. и любезно предоставленные доцентом базовой кафедры биотехнологии Сибирского федерального университета Прудниковой С.В.

В качестве субстрата использована вегетативная часть топинамбура, обладающая большим запасом веществ сахарной природы, необходимых грибам для развития. Доля полисахаридов в вегетативной части топинамбура зависит от времени отбора пробы. Так минимальное количество полисахаридов приходится на июнь (33,0 %) и максимальное на август (58,2 %) [1].

Культивирование проводили твердофазным методом при температуре (27,5- 28,5 °С) и начальной влажности субстрата 70 - 75 %, путем внесения спор грибов *Trichoderma* в расчете $1 \cdot 10^6$ спор/г а.с.с. , продолжительность культивирования - 16 дней. На протяжении всего времени культивирования снимались показания урожайности титра спор и убыли массы субстратов. К 16 суткам культивирования показания убыли массы составляет более 25 % от номинальной массы, а титр спор увеличился более чем в 1000 раз для обоих штаммов. Также была определена целлюлазная активность исследуемых штаммов грибов на 3,6 и 9 сутки [2]. Наибольшее со-

держание сахара отмечено на 6-е сутки, и составляет в среднем 0,343 мг/мл для исследуемых штаммов гриба.

В результате биодеструкции вегетативной части топинамбура происходят изменения химического состава, поэтому главной задачей в данной работе является исследование поведения углеводного комплекса, а именно целлюлозы, как основного полисахарида растительной ткани, в процессе биоконверсии грибом рода *Trichoderma* штаммами «М99/1» и «М99/9». Результаты исследования полисахаридного состава приведены в таблице.

Таблица – Состав полисахаридов вегетативной части топинамбура

Компоненты	Исходный топинамбур	Биодеструктированный топинамбур **	
		Штамм «М99/1»	Штамм «М99/9»
Легкогидролизуемые	8,6	8,4/6,2	8,2/5,9
Трудногидролизуемые, в том числе целлюлоза	26,1	20,3/14,9	22,1/16,0
	24,8	19,7/14,5	21,2/15,4
Итого полисахаридов	34,7	28,7/21,1	30,1/21,9
** - в знаменатели приведены значения с учетом убыли массы			

Из таблицы видно, что при биоконверсии утилизирована основная часть углеводного комплекса вегетативной части топинамбура. Так общее содержание полисахаридов снизилось после биодеструкции в 1,6 раза как для штамма «М99/1», так и для штамма «М99/9».

Для оценки влияния грибов рода *Trichoderma* на трудногидролизуемые полисахариды, были выделены препараты целлюлоз из исследуемых образцов топинамбура азотно-спиртовой смесью по методу Кюршнера. В полученных образцах целлюлозы определяли степень полимеризации, молекулярную массу, медное число, кислотное число, степень кристалличности [3].

Целлюлоза, выделенная из исходного образца топинамбура, имела степень полимеризации -135, медное число – 12,0 г Cu_2O /100 г. а.с.с, кислотное число – 5,5 мг NaOH /г а. с. с, степень кристалличности 0,322.

При биодеструкции вегетативной части топинамбура грибом рода *Trichoderma* происходит увеличение средней молекулярной массы целлюлозы в 1,5 раза для штамма «М99/1» и в 1,7 для штамма «М99/9» по сравнению с исходным образцом. Повышение величины молекулярной массы и степени полимеризации происходит, по-видимому, за счет деструкции низкомолекулярных участков целлюлозы. Снижение медных чисел целлюлоз для всех биодеструктированных препаратов хорошо согласуется с увеличением степени полимеризации.

Таким образом, результаты исследований показывают, что процесс биоконверсии вегетативной части топинамбура грибами рода *Trichoderma*, оказывает существенное влияние на полисахариды вегетативной части топинамбура.

Библиографический список

1 Рязанова, Т.В. Химический состав вегетативной части топинамбура и его использование [Текст] /Т. В. Рязанова // Лесн. журн. - 1997. - № 4. – С . 71-75.

2 Литовка, Ю. А. Биоконверсия растительного сырья [Текст] / Ю. А. Литовка, Т.И. Громоных. – Красноярск: СибГТУ, 2007.-100 с.

3 Рязанова, Т. В. Химия древесины. Ч.2 Основные компоненты древесины [Текст]: учебное пособие / Т. В. Рязанова, Н. А. Чупрова, Е. В. Исаева. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2011. –229 с.

ПОДБОР УСЛОВИЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ В ПРОЦЕССЕ АЦЕТОНО- БУТИЛОВОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

К.В. Молокова¹, Н.А. Арбатская², Е.А. Привалова³

¹аспирант кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: ksen888@mail.ru

²студент гр. ТПП-08 химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: anaday7@yandex.ru

³к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: epriv@istu.edu

В процессе ацетоно-бутилового сбраживания субстратов из растительного сырья микроорганизмами *Clostridium acetobutylicum* получают набор ценных продуктов, главным образом ацетон, бутанол, этанол, масляную и уксусную кислоты и др. Каждый из этих продуктов способен оказывать отрицательное действие на рост и продуктивность микроорганизма-продуцента при превышении определенной концентрации в среде. Большинство штаммов *Clostridium acetobutylicum* культивируют в относительно разбавленных средах с концентрацией углеводов до 4-8%, поскольку токсическое действие продуктов ацетоно-бутилового брожения, в основном бутанола, на рост бактерий не позволяет перерабатывать концентрированные субстраты и получать высокие концентрации бутанола и других растворителей на последней стадии брожения в культуральной жидкости. При значении концентрации бутанола около 10 г/л наблюдается значительное угнетение микроорганизмов и замедление брожения [1].

Увеличения продуктивности бактерий можно добиться путем удаления продуктов брожения из культуральной жидкости, для чего можно использовать такие способы, как продувка культуральной жидкости газами, жидкостная экстракция, молекулярная адсорбция, мембранная фильтрация

и др. [2]. Наиболее простым по техническому исполнению можно считать периодическое вакуумирование культуральной жидкости, позволяющее выделить бутанол и другие летучие метаболиты в виде азеотропной смеси с водой. При реализации этого метода важно сохранить жизнеспособность бактерий, которая зависит как от концентрации растворителей, так и от температуры, при которой производится удаление метаболитов, а также минимизировать потери продуктов брожения.

С целью подбора оптимальных условий выделения бутанола из культуральной жидкости было проведено моделирование процесса вакуумной отгонки бутанола из его смеси с водой. Модельная смесь содержала 10 г/л бутанола в воде.

Эксперимент проводился на установке, состоящей из круглодонной колбы объемом 100 мл, термостата, манометра, холодильников, сборника дистиллята, поглотителей, заполненных водой, вакуум-насоса. Хладоагентами в холодильниках служила водопроводная вода. Вакуумирование смеси проводили с непрерывным охлаждением приемника дистиллята и поглотителей [3]. Температура, при которой бактерии *Clostridium acetobutylicum* сохраняют жизнеспособность, ограничивается 47°C, поэтому эксперимент проводили при 37°C (оптимальная температура сбраживания), 40 и 45°C. Давление в системе с помощью вакуум-насоса понижали до 0,08 атм. Время отгонки бутанола из модельной смеси объемом 50 мл составляло 15 мин. По окончании отгонки содержание бутанола в перегонной колбе (остаток), сборнике дистиллята и поглотителях определяли хроматографическим методом на газовом хроматографе 7820 А с селективным масс-спектрометрическим детектором HP 5975 фирмы «Agilent Technologies». Энергия ионизации – 70 эВ. Температура сепаратора – 280°C, ионного источника – 230°C. Кварцевая колонка 30000×0,25 мм со стационарной фазой (95% диметил – 5% дифенилполисилоксан). Температура колонки 50°C. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием библиотеки масс-спектров «NIST11». Количественное содержание компонентов вычислено по площадям пиков с использованием корректирующих коэффициентов чувствительности. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность удаления бутанола из модельной смеси в зависимости от температуры

Температура, °C	Количество бутанола по отношению к его количеству в исходной смеси, %		
	Остаток	Дистиллят	Поглотители
37	48	21	31
40	42	42	16
45	38	31	31

Как видно из таблицы, при оптимальной температуре сбраживания субстрата (37°C) в модельной жидкости остается до 48% бутанола от исходного количества, при этом концентрация его в остатке составляет 4,8 г/л. Наиболее эффективно бутанол удаляется при температуре 45°C. При

этом концентрация его в остатке модельной жидкости снижается до 3,8 г/л. Однако увеличение температуры отгонки на 5°C (с 40 до 45°C) позволяет добиться лишь незначительного снижения концентрации бутанола в модельной жидкости (с 4,2 до 3,8 г/л); в то же время температуру 45°C следует считать менее благоприятной для микроорганизмов, так как она близка к критической [4]. Поэтому для уточнения условий отгонки бутанола дальнейшие эксперименты проводились при температуре 40°C.

В таблице 2 представлены результаты, полученные при проведении эксперимента при температуре 40°C в течение 5, 15, 30 и 45 мин. Как следует из представленных данных, увеличение продолжительности вакуумирования ведет к снижению содержания бутанола в модельной смеси. Так, с увеличением времени от 5 до 45 мин концентрация бутанола в остатке модельной жидкости снижается с 6,4 до 2,4 г/л. При этом большая часть бутанола удаляется в течение 30 мин, и дальнейшее увеличение продолжительности вакуумирования менее эффективно.

Таблица 2 – Эффективность удаления бутанола из модельной смеси в зависимости от времени при температуре 40°C

Время вакуумирования, мин	Количество бутанола по отношению к его количеству в исходной смеси, %		
	остаток	дистиллят	поглотители
5	64	20	16
15	45	18	37
30	29	28	43
45	24	36	40

Таким образом, можно заключить, что оптимальными условиями выделения бутанола из культуральной жидкости по совокупности признаков следует считать температуру 40°C и продолжительность 30 мин при давлении 0,08 атм. Указанные условия позволяют с достаточной эффективностью удалять продукты метаболизма из бродящей среды и сохранять жизнеспособность микроорганизмов для дальнейшего сбраживания субстрата.

Библиографический список

1. LailiGholizadehBaroghi. Enhanced Butanol Production by Free and Immobilized Clostridium sp. Cells using Butyric Acid as Co-Substrate. Masterthesis. Columbus, Ohio,USA, 2009.
2. Сушкова В.И., Яроцкий С.В. Эффективность методов выделения продуктов ацетоно-бутиловой ферментации. Химия растительного сырья, 2011, № 3, С. 5-14.
3. Молокова К.В., Привалова Е.А.Сбраживание модельного суслу повышенной концентрации в условиях периодического вакуумирования. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология, 2011, № 1, С. 171-174.
4. Патент № 2393213 Российская Федерация, МПК C12N1/20, C12P7/00, C12R1/145. Штамм бактерий clostridiumacetobutylicum – проду-

цент н-бутилового спирта, ацетона и этанола / Поляков В.А., Римарева Л.В., Галкина Г.В., Илларионова В.И., Куксова Е.В., Горбатова Е.В., Волкова Г.С.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии Российской академии сельскохозяйственных наук" № 2008149763/13; Заявл. 17.12.2008 г., опубл. 27.06.2010 г.

СУБКРИТИЧЕСКИЙ АВТОГИДРОЛИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ

Е.В. Чечикова¹, Н.В. Зорина², С.Н. Евстафьев³

¹ аспирант химико-металлургического факультета кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: tscheiw@mail.ru

² студент гр. ТПП-08, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: tatasenochek@gmail.ru

³ д.х.н., профессор кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: esn@istu.edu

В целях получения биотоплива солома травянистых растений и отходы сельского хозяйства являются самыми перспективными и дешевыми источниками сырья. Для ее производства не требуется дополнительных затрат на выращивание и уборку.

Одним из основных этапов получения биотоплива из лигноцеллюлозного сырья является предподготовка для последующего ферментализа. Предподготовка сырья необходима для обеспечения доступа гидролизующих ферментов к целлюлозе. Известно множество способов предподготовки сырья, все они основаны на физических, механических, химических и биологических методах [1]. Как правило, все эти методы являются недостаточно эффективными и в экологическом плане не безопасными. Самым перспективным и экологичным методом является суб- или сверхкритическая экстракция различными растворителями, в том числе водой.

Вода, являясь амфолитом, в субкритических условиях (перегретая вода под давлением, обеспечивающим жидкое состояние при температурах от 100 до 374°C) проявляет кислотные свойства, а, следовательно, является не только экстрагентом, но и катализатором гидролиза основных компонентов лигноцеллюлозы. За счет этого может быть получен более высокий выход водорастворимых соединений.

Цель работы – изучение влияния условий субкритического автогидролиза на процессы фрагментации полисахаридов и лигнина соломы пшеницы.

Работа выполнялась с образцами соломы пшеницы крупностью 1-5 мм, предварительно высушенной в сушильном шкафу при температуре 60°C.

Экстракция проводилась на установке, описанной в [2]. Полученный жидкий экстракт после отгона воды под вакуумом, экстрагировали гексаном для извлечения липидов и продуктов распада лигнина (ГЭ), а затем этанолом. Нерастворимая в этаноле часть жидких продуктов – высокомолекулярные водорастворимые соединения (ВВР). Концентрированный этанольный экстракт смешивали с дистиллированной водой в соотношении 1:3. Из водно-спиртовой смеси после суточного отстаивания центрифугированием выделяли этаноллигнин. Остаток после отгона этанола исчерпывающе экстрагировали дистиллированной водой при 98°C с получением низкомолекулярных водорастворимых компонентов (НВР) и не растворимой в воде фракции.

В исходной соломе и твердых остатках автогидролиза по стандартным методикам [3] определили содержание целлюлозы, лигнина и пентозанов. Элементный анализ выполнен на анализаторе «VarioMicro CUBE».

В результате выполненной работы получены данные о поведении основных компонентов соломы в процессе экстракции водой, находящейся в субкритическом состоянии. Установлено, что с повышением температуры процесса в интервале 140-330°C при постоянном давлении (30МПа) и продолжительности обработки 10 мин выход жидких продуктов увеличивается с 17,6 до 76,2% на а.с.м. соломы (рис.1).

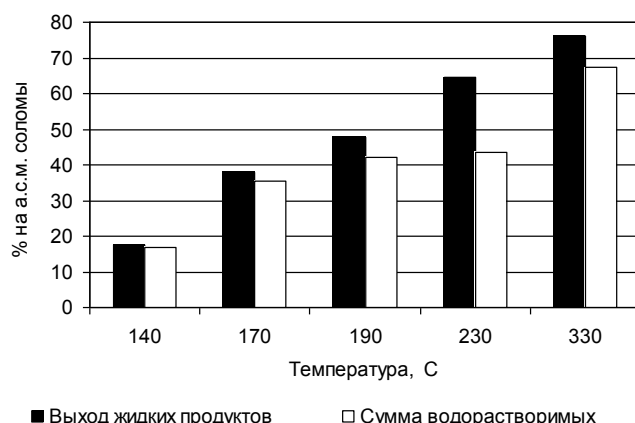


Рис.1 – Зависимость выхода жидких продуктов от температуры процесса (30МПа, 10 мин)

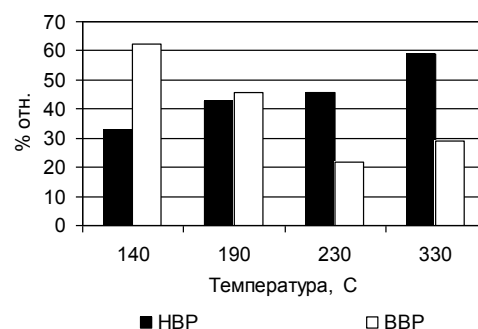


Рис.2 – Выход НВР и ВВР в зависимости от температуры автогидролиза

Влияние продолжительности и давления автогидролиза на их выход выражено слабо. Так, при 190°C при изменении продолжительности обработки соломы субкритической водой с 10 до 45 мин. выход жидких продуктов увеличился на 5%, а при повышении давления с 10 до 30 МПа – лишь на 2-3%. Согласно данным таблицы твердые остатки автогидролиза, полученные в интервале 140-200°C практически не различаются по элементному составу.

Таблица - Элементный состав твердых остатков (30МПа, 10 мин)

Температура, °С	Элементный состав, в %				(H/C) _{ат}	(O/C) _{ат}
	С	Н	N	O		
140	45,83	5,27	0,65	38,62	1,54	0,70
170	46,85	5,25	0,66	38,08	1,34	0,610
190	47,99	5,27	0,68	36,78	1,32	0,57
230	60,43	4,83	1,02	26,44	0,96	0,33
330	72,09	4,00	1,20	15,40	0,67	0,160
Исходная солома	43,80	5,220	0,79	38,270	1,43	0,66

Значения атомарного соотношения водорода и углерода лежат в пределах 1,32-1,54, а для (O/C)_{ат} – в пределах 0,57-0,66. При последующем повышении температуры в их составе наблюдается снижение значений (H/C)_{ат} до 0,67 и (O/C)_{ат} до 0,16 при 330°С, что может быть следствием протекания реакций дегидрирования и дегидратации компонентов соломы.

Независимо от условий автогидролиза основными компонентами жидких продуктов является смесь низко- и высокомолекулярных водорастворимых соединений (ВР) (рис.1). Наибольшее их содержание (95%) получено при 140°С, с повышением температуры процесса наблюдается снижение до 88% при 330°С. При этом, в составе ВР изменяется соотношение низко- и высокомолекулярных компонентов (рис.2). В интервале температур 140-190°С преобладают ВВР, а при повышении температуры большая доля приходится на НВР, что является следствием протекания гидролиза полисахаридов.

Установлено, что пентозаны соломы при 200°С гидролизуются практически полностью, а целлюлоза лишь на 10,5%. Наиболее интенсивно ее гидролиз происходит в интервале температур 250-300°С. В этих условиях достаточно эффективно протекают также процессы фрагментации лигнина, что нашло отражение в увеличении выхода ГЭ и этаноллигнина.

Библиографический список

1. Синицин А.П. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов/ А.П.Синицин, А.В. Гусаков, В.М. Черноглазов. – М., 1995. – 224 с.
2. Евстафьев С.Н. Этаноллиз пшеничной соломы в условиях до- и сверхкритической экстракции/ С.Н. Евстафьев, Е.С. Фомина, Е.А. Привалова: Статья. Химия растительного сырья. 2011. №4. 15-18 с.
3. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы /А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. Учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АРТИШОКА КОЛЮЧЕГО (CYNARA SCOLYMUS L.)

Е.В. Булуева¹, Н.В. Седых², И.Т. Александрова³

¹ студент гр. ТХК-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: kateb200791@mail.ru

² студент гр. ТХК-08-1, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: g_natasha_g@mail.ru

³ старший преподаватель кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: V35@istu.edu

Артишок - многолетнее травянистое растение семейства астровых, имеющее крупные листья, трубчатые цветки и соцветия - корзинки с оберткой из многорядно-черепитчато расположенных листочков с мясистым основанием. Известно более 140 видов этого растения, но пищевую ценность представляют только около 40, в том числе и артишок колючий. Традиционно артишок растет в Центральной и Южной Европе, Северной Африке, Южной Америке и Калифорнии, как овощная культура в таких странах, как Франция, Испания, Италия [1]. В настоящее время культуру выращивают в Монголии.

Артишок - древнейшая, овощная, кормовая, силосная, масленичная и лекарственная культура. Используется артишок в пищевой, кулинарной и медицинской промышленности. Плоды содержат белки, углеводы, микро- и макроэлементы, витамины А, С, Е, В1-В6, РР, каротиноиды, полисахариды [1].

Кроме того, артишок содержит комплекс, входящих в его состав биологически активных соединений: цинарин регулирует функции почек; биофлавоноиды, являются антиоксидантами и обладают противовоспалительными свойствами, а также антисептическими эффектами; инулин, стимулирует рост бифидобактерий кишечника и приостанавливает рост патогенных бактерий, а также стимулирует иммунную систему, повышать поглощение полезных минералов (в особенности кальция), уменьшает риск атеросклероза и модулирует уровни инсулина и глюкагона – гормонов углеводного обмена, минеральные соли (особенно много калия и железа). Причем соли калия и натрия обладают значительным щелочным свойством, что делает артишок полезным для людей, страдающих повышенной кислотностью желудочного сока [2, 3].

В ходе работы изучали свойства сока и жмыха артишока. Сок, полученный холодным прессованием плодов имел темно-коричневый цвет со сладко-карамельным запахом и вкусом. Жмых высушили и измельчили до размера частиц не более 1 мм. Он имел желто-зеленоватый цвет с травянистым вкусом, свойственным данному продукту, без постороннего запаха.

Сравнительная характеристика массовой доли клетчатки, сухих веществ, восстанавливающих сахаров, содержащихся в соке и жмыхе артишока, а также выход каротиноидов, общей и нерастворимой в растворе 10% соляной кислоты золы с другими видами семейства астровые, а в частности пижмой, тысячелистником, полынью и цикорием представлена в таблице 1 [4, 5].

Таблица 1- Химический состав артишока колючего и других видов семейства астровые.

Семейство ас- тровых	Содержание, %			
	сухих веществ	клетчатки	каротиноидов	восстанавливающих сахаров
Артишок:				
-сок	-	0,202	0,1445	1,75
-жмых	93,17	28,20	0,84	1,68
Пижма	87,0	26,12	27,50	-
Тысячелистник		2,70	1,20	-
Полынь		19,00	-	-
Цикорий	6,0	16,00	2,60-8,00	-

Из таблицы 1 видно, что жмых артишока опережает по содержанию клетчатки все остальные культуры, которая, как известно, способствует нормализации пищеварительной системы и может применяться в качестве профилактики снижения кровяного давления и заболеваний сердца, при сахарном диабете, а также ожирении.

Таблица 2 – Сравнительная таблица состава свежих плодов артишока и исследуемых составляющих

Показатель	Артишок колючий	Жмых	Сок
Массовая доля влажности, %	85	6,83	—
Массовая доля клетчатки, %	—	28,20	0,202
Содержание каротиноидов, %	—	0,84	0,144
Массовая доля восстанавливающих сахаров, %	8,6	1,68	1,750
Массовая доля общей золы	—	—	1,109
Содержание золы, нерастворимой в 10% соляной кислоте	—	—	0,221

Из таблицы 2 видно, что большее количество сахаров переходит в сок, а в жмыхе содержится клетчатка. Стоит отметить, что в соке определены пигменты (каротиноиды) желто-коричневого цвета в количестве (0,144%), а в порошке артишока – пигментные вещества имели зеленоватый цвет, поэтому можно отнести к ксантофиллам и их содержание составляло 0,84%.

Библиографический список

1. Борисов, М.И. Лекарственные свойства сельскохозяйственных культур [Текст] / М. И. Борисов. – Минск: Ураджай, 1974. – 336 с.
2. Каур, Н.К. Инулин и олигофруктоза в питании [Текст] / М.: Биори, 2002. – 316с.
3. Эмиленко, Д.А. Фармакологические свойства флавоноидов и изофлавоноидов [Текст] / Д.А. Эмиленко. М.: Наука, 1994. – 122 с.ф
4. Лекарственные растения. Пижма [электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://fitoapteka.org/herbs-p/5090-tanacetum-vulgare/Химический состав](http://fitoapteka.org/herbs-p/5090-tanacetum-vulgare/Химический_состав) - Загл. с экрана.
5. Miragro. Цикорий [электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://miragro.com/tsikorii-obyknovennyi.html/Химический состав](http://miragro.com/tsikorii-obyknovennyi.html/Химический_состав) - Загл. с экрана.

СЕКЦИЯ № 5

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

ВСЕСТОРОННЕЕ ИЗУЧЕНИЕ КАК ЗАЛОГ СОХРАНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.А. Яковлева¹, Г.А. Хингеева²

¹д.т.н., профессор кафедры химии и пищевой технологии им. проф. В.В. Тутуриной ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail ayakov@istu.edu

²соискатель, г. Иркутск, e-mail hingeewa.galina@yandex.ru

В настоящее время экологи уделяют пристальное внимание проблемам сохранения биологического разнообразия и защиты естественных природных комплексов. Совершенно особое значение среди них имеют заповедные территории, например, уникальный уголок природы – малые водоемы Байкало-Ленского заповедника.

Актуальность исследования определяется слабой изученностью особенностей данной территории.

На основе анализа литературных данных и собственных исследований дана характеристика видового состава гидрофауны озер, изолированных от Байкала береговым валом в 15–50 м на 4-х озерах – Изумрудном, Малом, Большом и Саган-Морян. Собранный материал фиксировали 40 % раствором формалина. Пробы планктона отбирали сетью Джели с диаметром входного отверстия 25 см с конусом из шелка № 55 (125 мкм), процеживали весь слой воды от дна до поверхности. Пробы зообентоса были собраны дночерпателем Петерсена, разбор проб проводили до группы макротаксона. При исследовании применяли микроскоп МБИ и бинокляр МБС-10. Зообентос был представлен моллюсками, олигохетами и личинками хирономид.

В сообществе зоопланктона исследуемых озер зафиксировано 104 таксона видового ранга, относящихся к 56 родам, 28 семействам, 11 отрядам, 1 типу, то есть получены исчерпывающие данные о видовом составе, численности и биомассе зоопланктона и зообентоса озер Байкало-Ленского заповедника.

Полное познание природного объекта возможно только с определением взаимосвязи физических, химических и биологических процес-

сов. Для определения устойчивости экосистемы озер и оценки антропогенного воздействия необходимо всестороннее изучение всех взаимосвязей.

Поэтому в ходе исследований было уделено внимание изучению динамики химического состава грунта, то есть процессам его формирования и гидрохимического режима водоемов. Было установлено, что грунт представлен илами – тонкозернистыми глинистыми осадками, большая часть частиц которого имеет размеры около 0,02 мм и менее. Толщина грунтового слоя достигает до 0,7 м. Подпитка его осуществляется в основном за счет атмосферных осадков. Большую часть времени года цвет воды коричневый, по химическому составу – это гидрокарбонатно-кальциевые воды.

Интерес представляет коллоидно-химическая оценка глинистых донных отложений. Проведены исследования ионообменной способности некоторых глинистых минералов и влияния на нее pH. Использованы различные по составу образцы: № 1 образец представлен монтмориллонит-мусковитом с содержанием данных минералов до 95 %; № 2 и № 3 – смешанослойные монтмориллонит-мусковиты, из них второй обогащен ортоклазом, третий – альбитом.

Исследования ионного обмена на глинистых минералах проводили методом потенциометрического титрования с помощью pH-метра «pH-150M» и комбинированного стеклянного электрода ЭСК-10601/7.

Ионообменную емкость Q_{H^+/OH^-} (ммоль/г) рассчитывали по формуле

$$Q_{H^+/OH^-} = \frac{C(V - V_0)}{m},$$

где C – концентрация титранта, моль/л; V и V_0 – его объем в присутствии глины и без глины, мл; m – навеска глины, г.

В случае протекания обмена катионов величина Q_{H^+/OH^-} условно считается положительной, а обмена анионов – отрицательной.

Катионообменную емкость E_k (мг-экв/г) определяли по выражению

$$E_k = Q_{H^+/OH^-} \times M_{об},$$

где $M_{об}$ – молярная масса группы катиона ионита, г/моль.

Исследование проводили при значениях pH от 3 до 11. Зависимость ионообменной емкости при разных значениях pH приведена на рис.

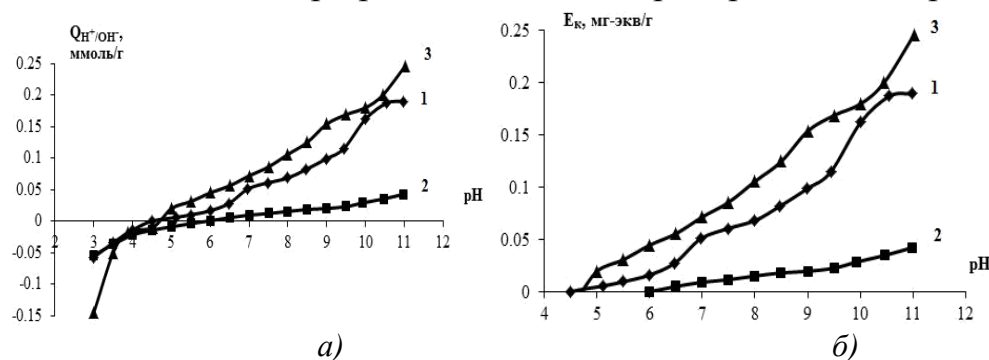


Рис 1. Зависимость ионообменной емкости (а) и катионной обменной емкости (б) глинистых минералов от pH

Видно, что при всех значениях pH ионообменная емкость глины № 3 больше, чем у глин № 1 и № 2. Это связано с природой глинистых минералов, входящих в состав глин. Монтмориллонит и мусковит в глине № 3, как все глинистые минералы типа 2:1 характеризуются высокой обменной способностью по сравнению с типом 1:1. Но и глины № 1 и № 2 имеют заметно отличающиеся между собой значения ионообменной емкости (кривые 1 и 2). Ионообменная емкость глины № 1 заметно больше, чем у глины № 2. Это отличие можно объяснить их разным минеральным составом.

Показано, насколько ионообменная емкость исследуемых глин зависит от значения pH. Следует ожидать, что изучение коллоидно-химических особенностей глинистых отложений может дать важную информацию о закономерностях процессов, по природе своей чисто физико-химических, но существенно влияющих на процессы биологические.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ ХРОМА (VI)

О.В. Климова¹, Г.Н. Матвеева², В.И. Дударев³

¹ аспирант НИ ИрГТУ, Иркутск, e-mail: kcud@mail.ru,

² аспирант НИ ИрГТУ, Иркутск, e-mail: kcud@mail.ru,

³ д.т.н., профессор кафедры общеобразовательных дисциплин НИ ИрГТУ, Иркутск, e-mail: vdudarev@istu.edu

Соединения хрома поступают в водные объекты с различными производственными стоками. В загрязненных сточных водах концентрация хрома превышает предельно допустимую. Поэтому проблема загрязнения водных объектов сточными промышленными стоками является актуальной с точки зрения экологической безопасности. Вследствие чего возникает необходимость производить очистку сточных вод от соединений хрома, среди которых наиболее важными являются сильные окислители - хроматы и дихроматы. Выявлено, что ионы хрома (VI) проявляют по отношению к углеродным сорбентам сорбционную активность при создании специальных условий [1]. Сорбционные методы очистки стоков от ионов токсичных металлов являются доступными, селективными, легко автоматизируемыми и экономически целесообразными [2].

В данной работе были изучены процессы сорбции ионов хрома (VI) на углеродном сорбенте марки АД-05-2, полученным на основе длинно-пламенных каменных углей. Важными критериями применимости сорбента на практике являются его кинетические свойства и адсорбционная емкость [3]. Поэтому в качестве основной кинетической зависимости получали функциональную зависимость величины адсорбции от времени: $A=f(t)$,

где A – величина адсорбции, достигнутая к моменту времени t . Особым фактором, определяющим адсорбционное равновесие, является температура. Были построены изотермы адсорбции в статических условиях при разных температурных режимах (рис.1).

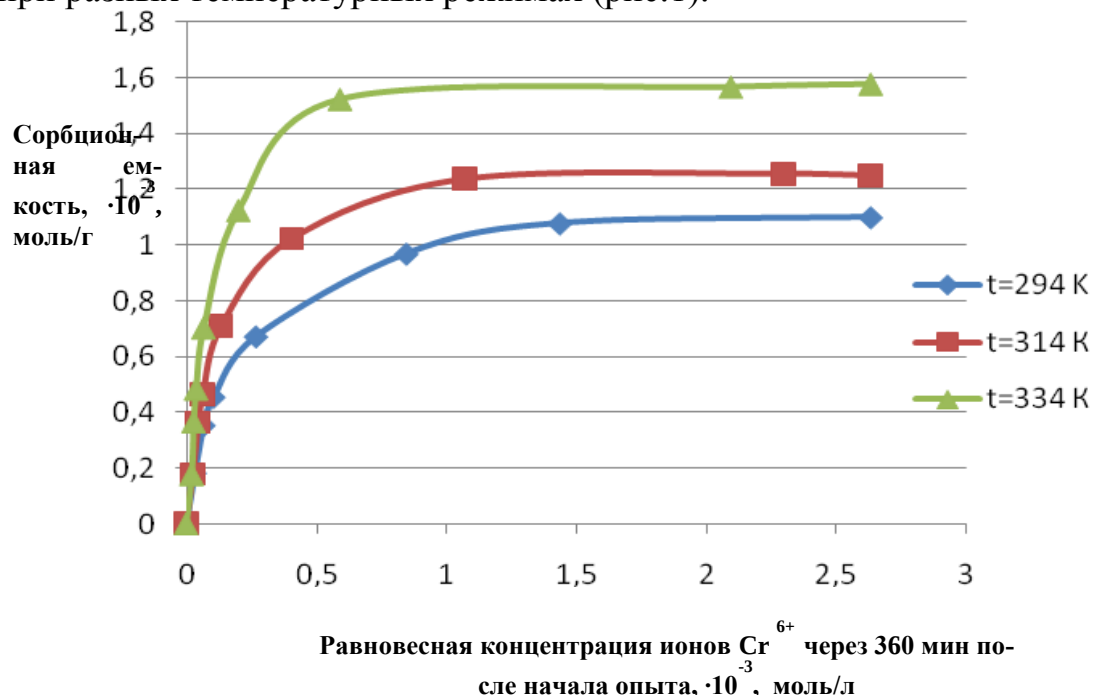


Рис.1. Изотермы адсорбции катионов хрома (VI) при температуре: 294, 314 и 334 К

Как видно из рис.1, изотермы адсорбции ионов хрома (VI) принадлежит к изотермам мономолекулярной адсорбции [3]. Найденная зависимость (рис.1) свидетельствует о том, что с повышением температуры значение сорбции увеличивается. Максимальная величина сорбции наблюдается при температуре 334 К.

По уравнению Фрейндлиха рассчитаны константа n и молярный коэффициент сорбции k . С использованием уравнения Лэнгмюра найдены предельное значение сорбции и константа адсорбционного равновесия. Определены также термодинамические параметры сорбции.

Библиографический список

1. Житова О.В. Сорбционное извлечение и определение хрома в сточных производственных водах // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. С. 69-70.
2. Смирнов Д.Н., Генкин В.Е. Очистка сточных вод в процессе обработки металлов. - М.: Металлургия, 1989. – С. 195.
3. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1984. – С. 592.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННЫМ ШЛАМОМ

Е.Г.Филатова¹, Е.В. Кудрявцева², А.О.Свитова³

¹ к.т.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск,
e-mail: efila@list.ru

² к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск,
e-mail: evkudria@list.ru

³ студент гр. ТПП-10, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nastasiya_3@mail.ru

В процессе электрокоагуляционной очистки сточных вод гальванического производства с использованием алюминиевых анодов образуется значительное количество шлама, содержащего гидроксид алюминия с сорбированными ионами тяжелых металлов [1]. Полноценное извлечение ионов тяжелых металлов из электрокоагуляционного шлама объясняется не только необходимостью защиты окружающей среды, но и ценностью самих металлов. В связи с этим все более пристальное внимание обращают на себя технологии, позволяющие эффективно использовать отходы гальванопроизводства.

В качестве объектов исследования использовали сточные воды цеха гальванопокрытий машиностроительного предприятия и электрокоагуляционный шлам, полученный при электрохимической обработке гальваносточков, с использованием растворимых алюминиевых анодов. Наиболее токсичными загрязняющими вещества, содержащимися в сточной воде, являлись ионы тяжелых металлов, а именно ионы никеля, меди, цинка, железа. На рис. 1 представлена фотография электрокоагуляционного шлама, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа (многолучевая система) JIB-4500.

По данным атомно-абсорбционного анализа, исследуемый электрокоагуляционный шлам, содержит значительное количество алюминия и железа, более 12 % от общей массы шлама. Известно, что соединения этих металлов обладают хорошими коагулирующими свойствами. Поэтому одним из направлений переработки электрокоагуляционного шлама стала разработка технологии получения смешанных алюможелезистых коагулянтов, используемых для очистки сточных вод гальванического производства. При определении оптимальной дозы электрокоагуляционного шлама для извлечения ионов никеля и меди из стоков постоянными величинами являлись: продолжительность перемешивания

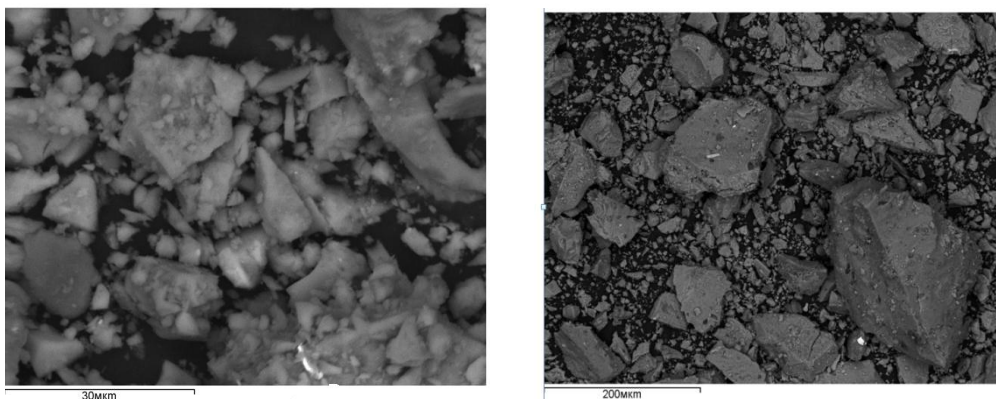


рис. 1. Электронное изображение электрокоагуляционного шлама при различном увеличении.

жидкости в смесителе 2 мин; интенсивность перемешивания 100 об/мин; продолжительность перемешивания в камере хлопьеобразования 20 мин; интенсивность перемешивания 20 об/мин. Доза электрокоагуляционного шлама изменялась от 5 до 25 мг/л, полученные результаты представлены на рис. 2.

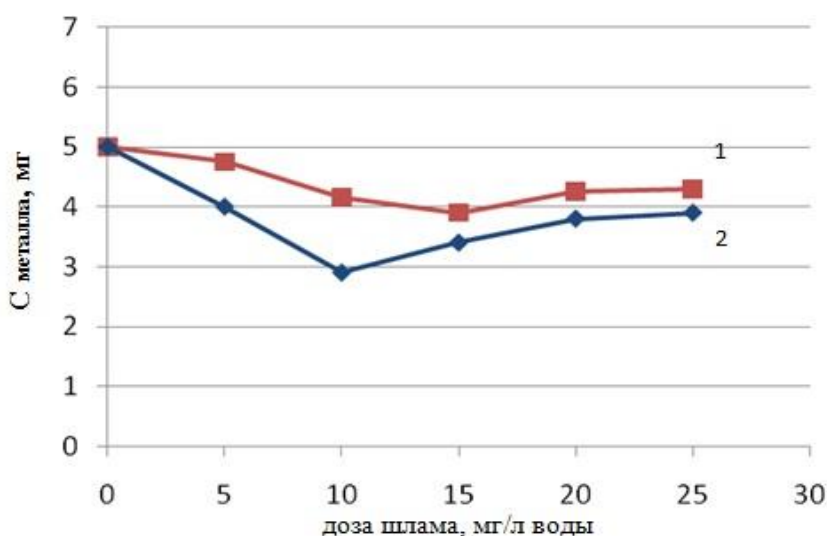


Рис.2. Изменение концентрации тяжелых металлов при контакте с электрокоагуляционным шламом: 1 – медь; 2 – никель

Из рис. 2. видно, что оптимальная доза коагулянта для извлечения ионов никеля составила 10 мг/л, для ионов меди – 15 мг/л. Используя полученные результаты, изучали возможность дальнейшего снижения концентрации ионов тяжелых металлов в стоках с использованием оптимальной дозы шлама. С целью повышения эффективности очистки, а также для лучшего хлопьеобразования в обрабатываемые сточные воды добавляли водный раствор щелочи, для достижения рН сточной воды 7,6. В результате установлено, что электрокоагуляционный шлам наиболее эффективен

при извлечении ионов никеля из стоков. При оптимальной дозе шлама возможно снижение концентрации никеля в стоках не менее чем на 55 %, меди на 31 %. При этом содержание никеля в шламе составляет 30 мг на 1 г твердого осадка, для извлечения никеля как наиболее ценного компонента шлама можно в дальнейшем применять метод катодного восстановления.

Библиографический список

1. Филатова Е.Г., Соболева А.А., Дударев В.И., Анциферов Е.А. Электрохимическая коагуляция ионов тяжелых металлов в связи с проблемой загрязнения и очистки сточных вод. // Водоочистка. 2012. № 8. С. 22-28.

УДАЛЕНИЕ ИОНОВ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

А.О.Свитова¹, Н.Н. Шевелева², Е.Г. Филатова³

¹ студент гр. ТПП-10, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: nastasiya_3@mail.ru

² к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск

³ к.т.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: efila@list.ru

Основной задачей обезвреживания сточных вод, содержащих соединения хрома (VI), является его восстановление до трехвалентного состояния. Соединения хрома (III), примерно в 100 раз менее токсичны и склонны к гидролизу в щелочной среде, что позволяет удалять их в виде гидроксида при последующей очистке [1]. В качестве восстановителей широко используют сульфит, биосульфит и пиросульфит натрия, железный купорос. Однако, использование реагентного метода при очистке производственных сточных вод не позволяет использовать очищенные воды в оборотной системе водоснабжения предприятий, так как происходит дополнительное загрязнение воды анионами используемых реагентов. Одним из эффективных методов обезвреживания сточных вод от ионов шестивалентного хрома является сорбционная очистка.

Цель работы заключалась в изучении возможности удаления ионов шестивалентного хрома из гальваностоков с помощью цеолитов Бадинского месторождения. Химический состав цеолитовой породы Бадинского месторождения представлен следующими оксидами, масс %: SiO₂ – 68,0...72,0; Al₂O₃ – 11,4...12,0; Fe₂O₃ – 0,6...0,8; TiO₂ – 0,16; MnO – 0,05; CaO – 2,1...3,7; MgO – 0,6...1,7; K₂O – 2,6...4,8; Na₂O – 0,4...1,5; H₂O до 10 [2]. По химическому составу цеолитовая порода Бадинского месторожде-

ния относится к высоко кремнеземистой, характеризуется высоким отношением Si/Al.

В качестве объекта исследования использовали модельные сточные воды, содержащие ионы хрома (VI). Концентрацию ионов хрома (VI) в растворе определяли спектрофотометрическим методом анализа с помощью дифенилкарбазида. Исходная концентрация $K_2Cr_2O_7$ составила 29 мг/л. Сорбционную способность бадинского цеолита изучали в статических условиях с помощью метода переменных навесок и неизменных концентраций. В ходе выполненной работы было установлено, что величина сорбционной емкости бадинского цеолита по ионам хрома (VI) в статических условиях составила 16 мг/г при pH = 5,2.

Библиографический список

1. Запольский А.К., Образцов В.В. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. – К.: Тэхника, 1989. – 199с.
2. Размахнин К.К., Хатькова А.Н. Модификация свойств цеолитов с целью расширения областей их применения // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 4.- С. 246-252.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ ТЯЖЁЛОГО БЕТОНА

И.О. Кравчук¹, К.П. Гусев², В.В. Ларичкин³

¹ студентка гр. СЭМ-81, факультет летательных аппаратов НГТУ, г. Новосибирск, e-mail: goldangel2011@yandex.ru

² ассистент кафедры инженерных проблем экологии НГТУ, г. Новосибирск, e-mail: dreamcat87@mail.ru

³ д.т.н., профессор кафедры инженерных проблем экологии НГТУ, г. Новосибирск, e-mail: larichkin@craft.nstu.ru

В настоящее время одним из основных направлений хозяйственного развития страны провозглашено улучшение использования природных ресурсов. Действенным инструментом рационализации природопользования служит поиск оптимальных решений по проблемам удаления и использования отходов. При сжигании угля на тепловых электростанциях образуются зола и шлак, которые объединяют общим термином золошлаковые отходы. Ежегодно, в целом по России, образуется около 60 млн. т таких отходов. Золоотвалы на которых хранятся эти отходы занимают большие площади дорогих городских земель. Например, золоотвалы ОАО «Новосибирскэнерго», на которых хранится около 25 млн. т ЗШО, занимают около 1000 га. При этом создаются экологические проблемы, связанные с пыле-

нием, фильтрацией токсичных веществ и попаданием их в грунтовые воды и др.

Научно-исследовательские работы, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали, что зола и шлаки ТЭС являются ценным сырьем для стройиндустрии [1]. Золошлаковые материалы могут использоваться как добавка к цементу, заменитель песка, компонент строительных смесей и растворов и др. На их основе могут изготавливаться покрытия для автомобильных дорог, тротуарная плитка и бордюры, теплоизоляционные материалы и пр.

В народном хозяйстве страны требуются тяжёлые бетоны с высокими строительно-техническими свойствами и низкой себестоимостью. Для повышения влагостойкости и сопротивления перепадам температур в состав бетонной смеси вводят пластифицирующие, воздухововлекающие и гидрофобизирующие добавки.

Актуальность работы связана с необходимостью расширения сырьевой базы для производств бетонов, а также с возможностью снижения экологической нагрузки в крупных городах за счет сокращения объемов золоотвалов ТЭЦ.

В работе апробирована технология изготовления тяжёлых бетонов с добавлением золошлаковых отходов, полученных от сжигания на ТЭЦ г. Новосибирска кузнецких и канско-ачинских углей. Предварительно был изучен химический состав ЗШО. Это послужило основой для проектирования состава бетонной смеси в соответствии с маркой по прочности В-30. В экспериментах варьировалось процентное содержание сухих компонентов, в том числе ЗШО в пределах от 7 до 30%.

Важной частью исследований являлось изучение свойств изготавливаемого из бетонной смеси тротуарного камня при введении в состав суперпластификаторов различных классов. Их содержание варьировалось в пределах от 0,4 до 1,0 % от массы вяжущего.

Результаты прочностных испытаний показали (рис. 1), что образцы с применением в качестве наполнителя ЗШО (~ 20%) без пластифицирующих добавок в 28 суточном возрасте достигли прочности на сжатие около 28,5 МПа, что практически соответствует марочной прочности - 29,7 МПа. В то же время образцы с применением пластифицирующих добавок и тем же содержанием ЗШО, в 28 суточном возрасте имели прочность, равную 37,5 МПа, что превышает марочную прочность более чем на 26 %. Одновременно применение пластификаторов снизило водопотребность исследуемых образцов на 15 %.

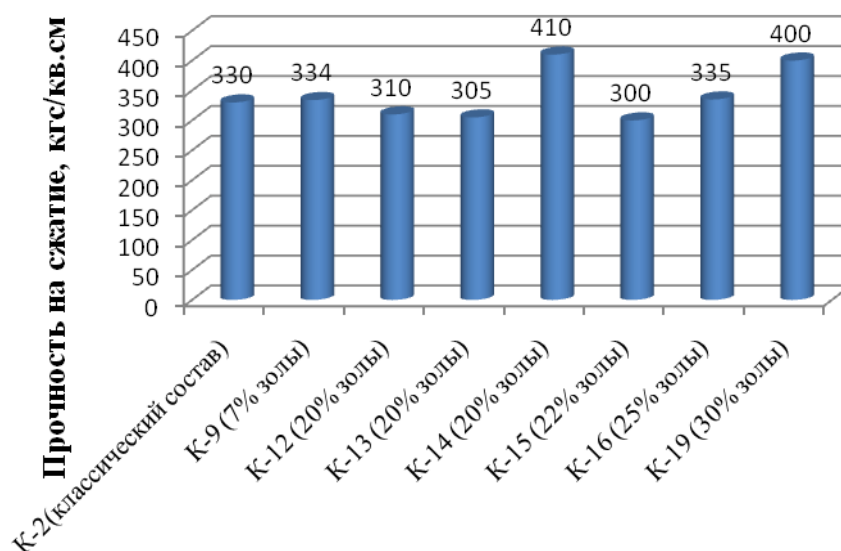


Рис. 1 – Прочность образцов тротуарного камня с применением ЗШО

В работе показано, что сочетая типы и количественные соотношения вяжущего, природных и золошлаковых заполнителей, воды и добавок суперпластификаторов можно направленно регулировать структуру и физико-механические свойства строительных изделий из тяжёлого бетона, так чтобы улучшались их потребительские свойства. Установлено, что введение в состав бетонной смеси золошлаковых материалов определённого фракционного состава не только не ухудшает эксплуатационные характеристики строительных изделий, но в отдельных случаях улучшает их.

Библиографический список

Костин В.В. Применение зол и шлаков ТЭС в производстве бетонов / В.В. Костин - Новосибирск: НГАСУ, 2001. – 176 с.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Л.И.Худякова¹, О.В.Войлошников², И.Ю.Котова³

¹к.т.н., научный сотрудник лаборатории химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, г. Улан-Удэ, E-mail: lkhud@binm.bscnet.ru

²к.т.н., ведущий инженер лаборатории химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, г. Улан-Удэ, E-mail: ovod@binm.bscnet.ru

³к.х.н., научный сотрудник лаборатории оксидных систем БИП СО РАН, г. Улан-Удэ, E-mail: ikotova@binm.bscnet.ru

К настоящему времени в России все более обостряются экологические проблемы, связанные с огромным количеством накопленных отходов.

Их ликвидация является острой задачей, что требует внедрения новых прогрессивных технологий их переработки

Среди всех отходов центральное место занимают отходы горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий в виде отвалов вскрышных и вмещающих пород, хвостов обогащения. В их числе находятся магнийсиликатные породы, что связано с большим количеством месторождений магматического происхождения – платинометаллических, медно-никелевых, хромитовых, асбестовых, огнеупорных дунитов.

Из отраслей - потребителей промышленных отходов наиболее емкой является промышленность строительных материалов. Поэтому, перспективным направлением утилизации отходов является получение принципиально новых строительных материалов на их основе, в частности, асфальтобетонов.

Минеральный порошок является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. От его вида и свойств зависит качество и долговечность дорожного покрытия, влияющее на безопасность движения транспорта.

Традиционно в качестве минерального порошка используют порошки из карбонатных горных пород: известняка, кальцита, доломита, содержащих катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , которые при взаимодействии с битумом образуют прочные связи, удерживающие битумные пленки на поверхности частиц порошка. Однако в большинстве регионов России наблюдается дефицит этого материала. Между тем, развитие современной науки позволяет расширить сырьевую базу дорожных строительных материалов за счет местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности.

Магнийсиликатные горные породы содержат большое количество катионов Mg^{2+} и Fe^{2+} , поэтому можно предположить, что они обладают высокой сорбционной активностью и могут использоваться в качестве минерального порошка.

Одним из видов магнийсиликатного сырья Республики Бурятия являются троктолиты. Они слагают многие массивы, входящие в состав ультрамафит-мафитовых комплексов, но практически нигде не используются, находясь в отвалах. Поэтому одним из перспективных направлений их использования является применение в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетона. Для исследований использовали троктолиты Йоко-Довыренского массива, входящего в состав Северо-Байкальской рудной зоны.

Для перевода в порошкообразное состояние троктолиты измельчали в стержневом вибрационном измельчителе в течение 5 минут. Полученный порошок исследовали по ГОСТ Р 52129-2003 “Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия”.

Были определены физико-механические показатели минерального порошка, которые представлены в таблице.

Таблица - Физико-химические показатели минерального порошка из троктолита

№ п/п	Наименование	Показатели	Требования ГОСТ Р 52129-2003
1.	Истинная плотность, г/см ³	3,2	-
2.	Пористость, %	31,2	He > 40
3.	Набухание образцов из смеси порошка с битумом	0,0	He > 3,0
4.	Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом	0,3	He > 0,7
5.	Влажность, % по массе	2,1	He > 2,5

Отмечено, что порошки из троктолита имеют высокую водостойкость. Набухания образцов из смеси порошка с битумом не происходит. По физико-химическим показателям минеральный порошок из троктолита отвечает требованиям ГОСТ Р 52129-2003 и может применяться в производстве асфальтобетона.

Получена асфальтобетонная смесь на минеральном порошке из троктолита с высокими механическими показателями. Она имеет хорошие показатели теплоустойчивости и термостабильности, характеризующиеся изменением ее прочности от температурных колебаний.

Образцы асфальтобетона с использованием троктолитов обладают достаточно высокой водостойкостью, равной 1,1, которая незначительно снижается при длительном водонасыщении. Следует отметить, что данный показатель очень высокий, что говорит о хорошей коррозионной устойчивости дорожного покрытия.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде троктолитов Йокон-Довыренского массива можно использовать в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонов высокого качества и низкой себестоимости. При этом будут решаться вопросы экологической обстановки на прилегающих территориях и, как следствие, улучшение качества жизни населения.

Работа выполняется по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 «Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности».

УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ФОТООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ (НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ)

Ф.Г. Космынин

магистрант гр. МХТ – 21, нанотехнологического факультета ТГТУ, г. Тамбов, e-mail:kosmynin_fedor@mail.ru

При производстве продуктов органического синтеза образуется большое количество промышленных отходов, содержащих амины, ПАВ, фенолы, ацетон, формальдегид, соли и нетоксичные органические примеси, неорганические кислоты, нефтепродукты.

Результатом является колоссальное количество прудов-накопителей, в которых формируется многометровый слой ила высокого класса опасности.

Накапливаясь в подобных прудах, ил оказывает крайне негативное влияние на окружающую среду (атмосферу, грунтовые воды, почву, биологические объекты).

Остро стоит вопрос об утилизации прудов-накопителей для всех предприятий этой отрасли. На отходы устанавливается класс опасности [1].

Предлагается способ утилизации органических отходов, основанный на процессах фотоокислительной каталитической деструкции. В качестве катализаторов использовались катализаторы в наноструктурированной форме (металлы и их оксиды). Технология очистки прудов отстойников от органических соединений состоит из следующих стадий:

Приготовление суспензии наноматериалов на структурированной воде.

Введение композиции наноматериалов в плотный слой илистых отложений пруда-отстойника посредством распыления суспензии над зеркалом пруда-отстойника, из расчета 0,01 г наноматериалов на 1 м³ ила.

Процесс фотоокислительной деструкции органических соединений в присутствии наноструктурированных материалов протекает в течении 60 дней, и обеспечивает снижение общего содержания органических веществ в 28 раз. Для отбора рабочей среды из пруда-накопителя использовалась труба диаметром 63 мм и длиной 1,5 м. Нижний конец трубы герметично закупоривался и при введении в илистое отложение открывался. Исходный материал отбирался из толщи ила пруда на расстоянии 10-15 м от береговой кромки посредством погружения пробоотборника на различную глубину (1,0-1,5 м).

Для чистоты эксперимента материал отбирался из одной точки пруда. При этом условии обеспечивалась химическая однородность состава.

Предложенный способ утилизации органических соединений из илистых отложений был реализован на пруде отстойнике, имеющем объем илистых отложений 68000 м³, содержащих порядка 12000 т органических веществ, из них только фенола около 190 т. Данные убыли вредных веществ в пруде-накопителе представлены в таблице.

Таблица 1 - Результаты оценки содержания вредных веществ в илистом отложении пруда-отстойника.

Наименование показателя	Исходный ил	Проба ила, отобранная через			
		3 дня	7 дней	10 дней	17 дней
Сухой остаток 105° С, %	52	50	48,2	47,35	36,1
Прокаленный остаток 600° С, %	37,3	35,9	35,4	36,3	29,6
Органические вещества, %	14,8	14,1	12,8	11,05	6,5
ХПК, мгО ₂ /мг	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Фенол, мг/кг	2310	2200	2160	1627	1509

Окончательная реализация предложенного способа очистки прудов-отстойников (продолжительность 60 дней) позволит сократить содержание органических веществ до достижения показателей опасности четвертого класса.

Библиографический список

Г.А. Роев Очистные сооружения. Охрана окружающей среды. – Учебник для ВУЗов – М.: Недра, 1993. – 456с.

ПЕСТИЦИДЫ-ИНГИБИТОРЫ МИТОХОНДРИЙ: МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ И ОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Перфильева А.И. ¹

¹ магистрант гр. БИм -12-01, факультет кибернетики ИрГТУ, к.б.н., ведущий инженер лаборатории фитоиммунологии СИФИБР СО РАН, г. Иркутск, e-mail: alla.light@mail.ru

Бактерицидное и фунгицидное действие многих фунгицидов и бактериоцинов определяется их способностью ингибировать функционирование дыхательной цепи патогенной микрофлоры. Многие пестициды, содержащие ртуть, мышьяк, кадмий, свинец подавляют функцию митохондрий [1, 8]. Известно, что по направленности действия на митохондрии различают три вида пестицидов. Первые из таких пестицидов (каптафол, каптан, фолпет, манкоцеб) блокируют тиол-содержащие ферменты – редуктазы и дегидрогеназы, участвующие в дыхании. Другие (например, динокап) препятствуют процессу образования АТФ из АДФ, сопряженного с пере-

носом электронов, т.е. разобщают окислительное фосфорилирование в клетке патогена. Третьи (азоксистробин, *крезоксим-метил*, циазофомид, амисульбром, карбоксин), связываясь с цитохромом *b*, являются ингибиторами митохондриального комплекса III (убихинол-цитохром *c* оксиредуктазный) дыхательной цепи. В качестве пестицидов также применяются ингибиторы, подавляющие сукцинатдегидрогенный комплекс. Многие из используемых в настоящее время препаратов (дитан, новозир, пенкоцеб), являются мультисайтовыми ингибиторами, действуют на несколько мишеней [8]. На сегодняшний день имеется не достаточно информации о влиянии таких пестицидов на растения. Это связано со сложностью и отсутствием методов и модельных систем, по средствам которых можно было бы разграничить и воспроизвести различные этапы влияния пестицида как на патогены, так и на растения, и дать им качественные характеристики.

В качестве модельного агента для изучения влияния митохондриальных ингибиторов на растения нами был исследован монойодацетат натрия (МИА) - ингибитор фермента гликолиза глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы [2]. МИА ингибирует гликолиз, следовательно, подавляет функционирование митохондрий. Нами были проведены исследования влияния МИА на растениях и клубнях картофеля (*Solanum tuberosum*), а также на микроорганизмах: *Clavibacter michiganensis* spp. *sepedonicus* (Cms) – бактерия, вызывающая заболевание кольцевая гниль картофеля [7] и дрожжах *Saccharomyces cerevisiae*. Показано, что МИА в концентрации 1 мМ снижал интенсивность поглощения кислорода и активность дегидрогеназ в клетках микроорганизмов, т.е. обладал бактерицидным и фунгицидным эффектом [4]. МИА не влиял на прорастание клубней картофеля при их обработке в различные периоды хранения [3]. Таким образом, МИА оказывал губительный эффект на активно делящиеся клетки микроорганизмов, но не влиял на клетки клубней картофеля, для которых характерен более замедленный метаболизм. Влияния МИА на жизнеспособность картофеля *in vitro* также не наблюдалось. В полевых экспериментах, проведенных в 2009-2011 гг. было показано повышение продуктивности картофеля после предпосадочной обработки клубней МИА [3], что может быть объяснено поверхностной дезинфекцией клубней. Однако молекулярные исследования картофеля после обработки МИА показали снижение в картофеле *in vitro* белков теплового шока (БТШ) и усиление колонизации растений патогеном [3]. Известно, что БТШ защищают клетку от гибели при абиотических стрессах [10], а также при вторжении патогенов в растения и при обработке элиситорами [6, 9]. Снижение содержания БТШ после обработки МИА, по-видимому, является следствием подавления функционирования митохондрий. Известно, что митохондрии в процессе митохондриальной ретроградной регуляции влияют на экспрессию генов БТШ в ядре [5].

Таким образом, пестициды – митохондриальные ингибиторы, накапливаясь в почве после обработки, могут снижать защитные барьеры не

только патогенов, но и растений, нарушая митохондриальную ретроградную регуляцию экспрессии генов, в частности генов БТШ, защищающих растения при стрессах различной природы, в результате чего растение становится более подверженным колонизации патогенными микроорганизмами. Поэтому для снижения экологического риска очень важно использовать химические агенты, которые, влияя на патогенную микрофлору, не загрязняли окружающую среду и быстро распадались после обработки на неопасные соединения.

Библиографический список

1. Горбатов В.С. Экологическая оценка пестицидов: источники и формы информации / В.С. Горбатов, Ю.М. Матвеев, Т.В. Кононова // Агро XXI. - 2008. - № 1-3. - С. 7-9.
2. Досон Р. Справочник биохимика / Р. Досон, Д. Эллиот, У. Эллиот, К. Джонс. - М.: Мир, 1991. - 543 с.
3. Перфильева А.И. Влияние теплового шока и моноацетата натрия на взаимодействие *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* с картофелем: дис. канд. биол. наук: 03.01.05 / А.И. Перфильева; СИФИБР СО РАН. - Иркутск, 2012. - 152 с.
4. Рымарева Е.В. Влияние моноацетата на термотолерантность *Clavibacter michiganensis* ssp. *sepedonicus* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* / Е. В. Рымарева, Е.Г. Рихванов, М.А. Торгашина, А.И. Перфильева, В.Н. Копытчук, Н.Н. Варакина / J. of Stress Physiology & Biochemistry. - 2008. - V.4, № 2. - Р. 4-13.
5. Юрина Н.П. Сигнальные системы митохондрий растений: ретроградная регуляция / Н. П. Юрина, М. С. Одинцова // Физиология растений. - 2010. - Т.57, №1. - С.9-22.
6. Duan Y.H. Characterization of a wheat HSP70 gene and its expression in response to stripe rust infection and abiotic stresses / Y.H. Duan, J. Guo, K. Ding, S.J. Wang, H. Zhang, X.W. Dai, Y.Y. Chen, F. Govers, L.L. Huang, Z.S. Kang // Mol Biol Rep. - 2011. - V.38, №1. - P. 301-307.
7. Eichenlaub R. The *Clavibacter michiganensis* subspecies: molecular investigation of gram-positive bacterial plant pathogens / R. Eichenlaub, K.H. Garte-mann // Annu Rev Phytopathol. - 2011. - V. 49. - P. 445-464.
8. Leroux P. Exploring mechanisms of resistance to respiratory inhibitors in field strains of *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold /P. Leroux, M. Gredt, M. Leroux, A.S. Walker //Appl Environ Microbiol. - 2010. - V. 76, №19. - P. 6615-6630.
9. Maimbo M. Induction of a small heat shock protein and its functional roles in *Nicotiana* plants in the defense response against *Ralstonia solanacearum* / M. Maimbo, K. Ohnishi, Y. Hikichi, H. Yoshioka, A. Kiba // Plant Physiol. - 2007. - V.145, №4. - P. 1588-1599.

10. Wang W. Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response / W. Wang, B. Vinocur, O. Shoseyov, A. Altman // Trends Plant Sci. - 2004. - V.9, №5.- P.244-252.

СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Г.И. Хантургаева

к.х.н., зав.лабораторией химии и технологии природного сырья БИП СО РАН, доцент кафедры органической химии БГУ, г. Улан-Удэ, e-mail: techmin@binm.bscnet.ru

В настоящей работе под летучей золой понимается мелкодисперсный минеральный порошок от светло-серого до темно-серого цвета, представленный в основном фракцией 0,01 – 0,1 мм при максимальном размере частиц не более 1–2 мм и образующийся в результате сжигания, преимущественно, размельченного пылевидного каменного угля в котлах с эксплуатационной температурой около 1400°C. Приблизительно 80-85% золы на выходе из топочного устройства улавливается механическими и электрическими фильтрами, которые устанавливаются последовательно. Свойства золы зависят от таких факторов, как температура, марка и качество угля, время нахождения топлива в зоне сжигания.

Оксиды трех основных компонентов золы-уноса - кремния, алюминия и железа составляют 75-85% вещества, которое в основном состоит из стекловидных сферических частиц, а также кристаллического вещества и недожженного углерода.

Нами исследованы летучие золы Гусиноозерской ГРЭС, сжигающей каменный уголь Тугнуйского разреза (блоки 5 и 6) и самой крупной ТЭЦ-4 г.Улан-Батора, сжигающей угли месторождений Багануур (марки Б) и Шивээ-Овоо (марки Б-2). Методом масс-спектрографии в связанной плазме ICP-MS было определено содержание редкоземельных элементов в летучей золе Гусиноозерской ГРЭС и ТЭЦ-4 г.Улан-Батора. Установлено повышенное содержание ряда редких и рассеянных элементов в золах.

Пробы летучей золы были подвергнуты гранулометрическому, химическому, радиационному анализу и магнитной сепарации с получением магнитной (до 30%) и немагнитной фракций. В магнитной фракции отмечается концентрация ряда редких, редкоземельных и легирующих элементов. С учетом объема исходных зол, выхода магнитной фракции, при содержании железа во фракции в пределах 40-60%, магнитная фракция может быть использована для извлечения из нее ценных металлов, в порош-

ковой металлургии, для прямого металлургического передела, для получения катализаторов.

Исследованные золы отвечают санитарным нормам по радиационной безопасности. Из немагнитной фракции летучей золы были получены гипсоцементно-пущолоановые вяжущие материалы. Установлен их оптимальный состав, показано, что полученные вяжущие относятся к быстротвердеющим вяжущим. Фактическая прочность гипсоцементно-пущолоанового вяжущего выше расчетной на 24-78%.

СОРБЦИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА(II) УГЛЕРОДНЫМ СОРБЕНТОМ

Л.А.Минаева¹, В.И.Дударев², А.А.Муравьева³

¹ ст.преподаватель кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов Усольского филиала ИрГТУ, г. Усолье-Сибирское, e-mail: lminaeva@istu.edu

² д.т.н., профессор кафедры общеобразовательных дисциплин ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: vdudarev@istu.edu

³ студентка гр. ТЭП -08, Усольского филиала ИрГТУ, г. Усолье-Сибирское

Марганец оказывает значительное влияние на жизнедеятельность живых организмов [1]. Важная экологическая и физиологическая роль марганца вызывает необходимость изучения и распределения марганца в природных водах. Высокие и повышенные концентрации в воде соединений марганца обусловлены природными условиями формирования химического состава вод и техногенными факторами (сбросами промышленных и атмосферных сточных вод, выпадением кислотных осадков, загрязненных тяжелыми металлами). Сорбционные методы являются одними из наиболее перспективных для выделения марганца из вод, в особенности с использованием углеродных и природных минеральных сорбентов [2,3].

С целью повышения адсорбционных свойств углеродного сорбента АД-05-2 нами была проведена его термоокислительная активация с использованием перекиси водорода H_2O_2 . В процессе активации на поверхности углеродного сорбента образуются функционально-активные сорбционные центры, селективно взаимодействующие с ионами металлов в растворах.

Сорбционная активность материалов зависит также от таких факторов как кислотность среды, время контакта сорбента с раствором, концентрация иона металла. В ходе экспериментальных исследований нами была определена оптимальная pH сорбции марганца(II) из модельных растворов сульфата марганца (рис.1).

При оптимальном значении pH 9,3 методом постоянной концентрации и переменных навесок были получены изотермы сорбции марганца(II)

на активированном углеродном сорбенте АД-05-2 при температурах 293К, 303К, 313К, 323К и pH=9,3 (рис.2).

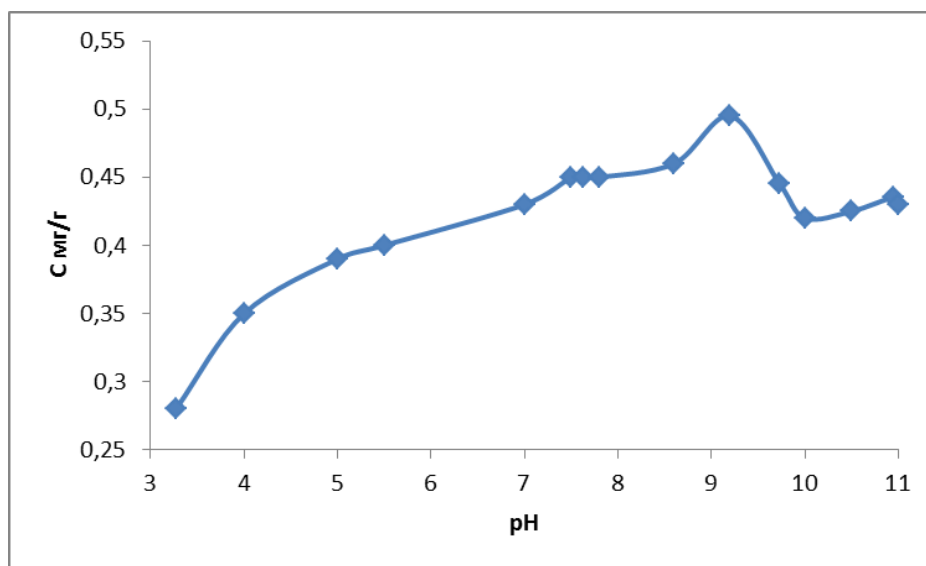


Рис.1. Зависимость сорбции марганца(II) от pH

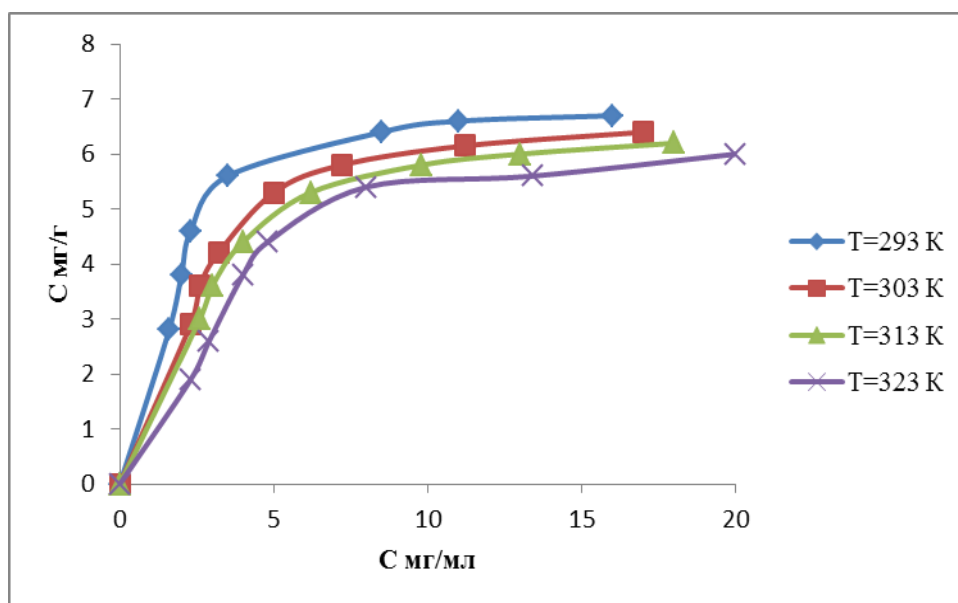


Рис.2. Изотермы сорбции марганца(II) на активированном углеродном сорбенте АД-05-2, pH=9,3

Анализ изотерм сорбции показывает, что с ростом температуры величина адсорбции уменьшается, что может быть обусловлено экзотермичностью процесса. Повышение адсорбционных свойств углеродного сорбента АД-05-2 путём термохимической активации позволяет увеличить сорбционную способность исходного углеродного сорбента АД-05-2 практически в три раза.

Таким образом, для очистки природных и технологических вод от марганца можно использовать активированный методом окисления угле-

родный сорбент АД-05-2, что оправдано экономическими и экологическими аспектами.

Библиографический список

1. Влияние загрязняющих веществ питьевой воды на здоровье человека [Электрон. ресурс]. – 2006 – www.aquacottage.com
2. Николадзе Г.И., Скворцов Л.С. Подготовка подземных вод для хозяйственных и питьевых нужд // Вопросы мелиорации. – 1998. – № 3-4. – С. 38.
3. Пугачев Е.А. Технология эффективного водопользования в промышленности / Монография. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 20011. – 176 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ УДАЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ПАСТ АЗОПИГМЕНТОВ

Чижиков А. Г.¹

¹магистрант, гр. МХТ-21; факультет магистратура ТГТУ, г. Тамбов;
e-mail: evil_dead1332@mail.ru

Потребность в пресной воде возрастает год от года. Производство азопигментов очень затратно на всех стадиях по потреблению воды (диазотирование, азосочетание, удаление из осадка водорастворимых примесей). В связи с тем, что к чистоте азопигментов предъявляют высокие требования, расход воды на промывку исчисляется сотнями кубометров. В связи с этим исследования уменьшению расхода воды без ухудшения качества продукта являются весьма актуальными. Использование промывной воды с наночастицами металлов на стадии промывки пигмента позволяет решить эту задачу.

Для получения более точного результата исследований, необходимо знать следующие данные[1]:

Форма частиц азопигментов и наличие активных центров присоединения на единице площади твердой частицы).

Гранулометрический состав частиц азопигментов.

Начальная концентрация твердой фазы в партиях суспензии азопигментов.

Начальная концентрация водорастворимых примесей в партиях суспензии азопигментов.

Форма наночастиц металла и структура их поверхности, наличие активных центров присоединения на единице площади наночастицы.

Гранулометрический состав наночастиц металлов.

С целью определения лучшего состава композиции наночастиц для удаления водорастворимых примесей была проведена серия экспериментов с использованием различных композиций.

Суспензию пигмента оранжевого Ж термостатировали в емкости при температуре обеспечивающей максимальную скорость разделения на органический и водный слой и далее отстаивали до формирования четкой границы раздела водного и органического слоев. Далее удаляли декантат и вводили артезианскую воду из расчета на 1 объем сгущенной суспензии 1,5 объема промывной жидкости. Процесс вели, при включенной мешалке, в течении 5-20 мин. до выравнивания концентрации твердых частиц в суспензии по объему. По окончании перемешивания, мешалку останавливали и выдерживали до образования четкой границы раздела органический - водный слой, в течении 30 мин. Далее водный слой декантировали. Отобранный декантат анализировали на содержание водорастворимых солей натрия.

Далее в артезианскую воду добавляли наноструктурированные частицы и проводили однократную промывку. Затем осадок пигмента оранжевого Ж промывали четырежды, объемом 1,5 от объема осадка с использованием металлов и их оксидов в наноструктурированной форме. Полученные образцы анализировали на содержание водорастворимых примесей.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод что использование наноструктурированных материалов влияет на процесс удаления водорастворимых примесей, что обеспечило снижение концентрации солей NaCl содержащихся в пасте пигмента на 30-35% и сокращение необходимого расхода промывной воды в 2 – 2,5 раза.

Библиографический список

Повышение эффективности удаления водорастворимых примесей из паст азопигментов / М.А. Колмакова, Н.В. Воякина, А.А. Дегтярев, В.С. Орехов // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – 2008. – Вып. 21. – С. 29 – 32.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ СВАРОЧНЫХ РАБОТАХ

О.В. Кузнецова¹, А.Ю. Лобанова²

¹ к.х.н., доцент кафедры химии и пищевой технологии ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: olvlku20@mail.ru

² студентка гр. ТПП-10, химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: olvlku20@mail.ru

Более 70% работ, связанных с дуговыми, плазменными и другими высокотемпературными газопламенными способами сварки, наплавки, резки и напыления металлов, выполняются ручным способом, при этом сварщик подвергается действию сварочного аэрозоля [1-2]. Наибольший риск для здоровья рабочего представляет твердая составляющая сварочного аэрозоля (ТССА), которая содержит токсичные соединения металлов и до 70% кристаллической или аморфной двуокиси кремния [3]. В большинстве случаев основным контролируемым элементом является Mn, который определяет характер и степень воздействия сварочного аэрозоля на загрязнения окружающей среды. Марганец при сварке выделяется в виде простых и сложных оксидов MnO , MnO_2 , $MnFe_2O_4$, $(Fe,Mn)O \cdot Fe_2O_3$, фторидов, силикатов и других соединений типа $-K-Na-Mn-Si-O-$. Содержание элемента достигает в отдельных случаях 20% [3]. Токсичность марганца в указанных соединениях отлична от токсичности его чистых оксидов, несмотря на это, на них распространяется ПДК для оксидов марганца в пересчете на MnO_2 , что составляет $0,05 \text{ мг/м}^3$ [4]. Соединения марганца могут вызывать серьезные заболевания дыхательных путей и приводить к возникновению болезни Паркинсона. В связи с этим оценка уровня содержания марганца в сварочных аэрозолях является важной проблемой контроля загрязнений воздуха рабочей зоны.

Для анализа сварочных аэрозолей применяют такие методы анализа, как атомно-абсорбционный; атомно-эмиссионный; фотометрический и вольтамперометрический. В отечественной нормативной литературе рекомендуются методики фотометрического и вольтамперометрического определения Mn [5]. Из-за необходимости переведения материала в раствор анализ с помощью указанных методик становится длительным, трудоемким, и нередко наблюдаются потери определяемых элементов на этапе подготовки проб к анализу.

Подготовка проб к определению Mn в сварочных аэрозолях [5] включает озоление экспонированных фильтров в муфельной печи для удаления органической матрицы, затем зольные остатки сплавляют в фарфоровых тиглях с плавнем (2 части Na_2CO_3 и 1 часть KNO_3) при 850°C с последующим выщелачиванием 10% -ной H_2SO_4 . Показано, что материал

тигля после сплавления со щелочным плавом разрушается, что приводит к загрязнению пробы. С помощью атомно-абсорбционного анализа установлено, что в растворе холостой пробы, претерпевшей подготовку согласно этапам рекомендуемого разложения [5], присутствует Fe в пределах 80-100 мкг/мл. Из литературных источников известно, что присутствие Fe может оказывать влияние на результаты фотометрического и вольтамперометрического определения Mn [7].

С использованием аппарата математического планирования эксперимента показано, что с увеличением содержания SiO₂ результаты определения Mn занижаются на 5 отн. %, что может быть связано с сорбцией ионов марганца осадком диоксида кремния, остающегося после разложения проб. При высоких содержаниях Fe систематические погрешности результатов фотометрического и вольтамперометрического анализа составляют соответственно 45 и 10 отн. %. Установлено, что для фотометрической методики это может быть связано с недостаточным количеством H₃PO₄, рекомендуемым в НД для устранения мешающего влияния ионов железа; для вольтамперометрической методики – с искажением пика иона марганца при высоких содержаниях ионов железа в анализируемом растворе.

Библиографический список

1. Мамедов А.Т. Исследование условий труда сварщиков на монтаже /А.Т. Мамедов, Р.Д. Рустамов// Сварка в Сибири. – 2005. – №1. – С. 90-91.
2. Бернадский В.И. Сварочное производство и рынок сварочных технологий в современной экономике / В.И. Бернадский, О.К. Маковецкая // Автоматическая сварка. – 2007. – № 1. – С. 44-48.
3. Войткевич В.Г. Методы исследования сварочных аэрозолей // Автоматическая сварка. – Киев, 1982. – № 3. – С. 51-54.
4. Горбань Л.Н. Экономический эффект уточнения ПДК марганца в сварочных аэрозолях и гигиеническая оптимизация режимов сварки /Л.Н. Горбань, А.А. Мазур// Сварочное производство. – М., 1988. – №8. – С. 16-17.
5. МУ № 4945-88 по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы). – М.: МП «Рарог», 1992. – 112 с.
6. Лаврухина А.К. Аналитическая химия марганца / А.К. Лаврухина, Л.В. Юкина. – М.: Наука, 1974. – 220 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Р.ЭЛЬБЫ (ГЕРМАНИЯ)

Е.А. Хромова¹, М.А. Иванова², Е.Ю. Воронина³

¹ магистрант гр. ЭКОМ-10, института недропользования ИрГТУ, г. Иркутск

² к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии и технического черчения ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: rita-iva@yandex.ru

³ к.т.н., доцент, с.н.с. НИЧ ИрГТУ, г. Иркутск

В настоящее время особую тревогу вызывает загрязнение донных отложений озёр, морей и рек. Оно носит хронический характер и представляет собой потенциальную угрозу вторичного загрязнения водной среды. Донные отложения, являясь активными накопителями загрязняющих веществ, заключают в себе полную информацию обо всех временных изменениях геоэкологического состояния водоёмов, необходимость оценки и прогноза дальнейшего функционирования в условиях антропогенного воздействия инициируют исследование процессов осадкообразования в искусственных водоемах. Изучение вопросов миграции и седиментации загрязняющих веществ в водных системах позволяет считать, что донные отложения накапливают всю информацию об антропогенном воздействии на водоем за весь период его существования, поэтому их можно рассматривать как банк информации о состоянии окружающей среды [1].

Донные осадки являются своеобразной памятью воды. Они состоят из взвешенных веществ, которые осаждаются из воды на дно водоёма. В основном вредные вещества значительно обогащают твёрдую фазу, даже если их содержание относительно незначительно в водной фазе, с течением времени содержание вредных примесей во взвешенных веществах и донных отложениях могут представлять угрозу для живущих в воде организмов.

При исследовании использовались методы экспресс-анализа качества поверхностных вод на pH, цветность, запах, прозрачность. Прозрачность в р. Эльбе, определённая с помощью диска Сечи, составила 80 см., pH вод равно 7. Запах воды – травяной. Донные отложения отбирались с помощью специального приспособления – раскрывающегося ковша и имели явно выраженный запах нефтепродуктов, бензинов. После экспресс-анализа воды проводились лабораторные исследования отобранных проб воды и донных отложений [2, 3]. Исследованные пробы характеризовались влагосодержанием 63 - 67 %.

Общее содержание тяжёлых металлов в донных отложениях анализируют атомно-абсорбционным методом. Элементы Zn, Mn, Pb определя-

ются пламенным методом, остальные – методом графитовой трубки, т.к. они находятся за пределами обнаружения пламенного метода ААС.

В результате исследования установлено:

1. Донные отложения р. Эльбы загрязнены металлами. Концентрация тяжёлых металлов в несколько раз превышают фоновые концентрации.

2. Метод последовательной (ступенчатой) экстракции позволил выявить формы нахождения тяжёлых металлов в донных отложениях. Благоприятные условия для осаждения взвешенных частиц и заиления дна на большой глубине обеспечивают высокую степень аккумуляции большинства элементов. Селективным фазовым анализом установлено, что в донных отложениях в мобильной, легкоподвижной фракции сосредоточено 6,3% Ni, 0,5% Pb, 1,7% Cd, 4,8% Fe и 19,3% Mn, являющихся потенциальным источником загрязнения водной среды.

3. В результате проведенных экспериментальных исследований состава донных отложений р. Эльбы была установлена зависимость поведения тяжёлых металлов халькофильной группы (Cu, Zn, Pb, Cd) от условий внешней среды. Полученные данные позволили рассчитать концентрацию металлов Cr, Cu, Pb и Cd, прочно связанных с силикатной матрицей донных осадков. Окисление проб не изменяет степень связанности этих металлов с матрицей (исключение составляет Pb). Марганец (Mn) находится в легкоподвижной форме.

4. Установлена структура органической матрицы: смесь фенолов, пиридина, толуола и фурфурола, так же в неё включены такие металлы, как Cu, Cd, Zn и Ni.

5. Построена модель процесса последовательной экстракции тяжёлых металлов из донных осадков, на основании выявленных взаимодействий рассматриваемых элементов в окисленных и неокисленных пробах.

6. Газово-хроматографический метод исследования проб позволил установить техногенный характер образования органических веществ в составе донных отложений.

По результатам исследований планируется разработка модели технологии извлечения донных отложений и их последующей переработки.

Библиографический список

1. Карнаухова Г.А. Процессы осадкообразования в водохранилищах Ангарского каскада. Автореферат дисс...доктора географических наук. Иркутск, 2009.

2. Шафигуллина Г.Т., Удачин В.Н. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях Учалинской геотехнической системы // Разведка и охрана недр. №1, 2009 г. С.60-66.

3. Loveday J. Methods for analysis of irrigated soils. 1974. 243 p.

АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ

Баранов А.Н.¹, Янченко Н.И.², Анкудинова Я.В.³

¹ д. т. н., профессор кафедры металлургии цветных металлов ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: a_baranow@mail.ru

² профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ИрГТУ, г. Иркутск, e-mail: fduecn@istu.edu

³ аспирантка химико-металлургического факультета ИрГТУ, г. Иркутск

Важнейшей составной частью управления экологической безопасностью производства первичного алюминия является инженерная защита и предупреждение загрязнения окружающей среды на основе установления материальных потоков компонентов выбросов в технологии, распространения в атмосфере, распределения в атмосферных выпадениях и других объектах окружающей среды. Распространение и распределение выбросов загрязняющих веществ в атмосфере представляет реальную угрозу для здоровья и качества жизни населения, функционирования экосистем. Мониторинг малых газовых примесей и аэрозолей в атмосфере, химического состава атмосферных осадков относительно фоновых значений вызывает необходимость минимизации выбросов путем выполнения всесторонних мероприятий, входящих в систему управления экологической безопасностью.

В связи тем, в атмосфере загрязняющие вещества переносятся на дальние расстояния преимущественно в направлении ветрового переноса, при поступлении с атмосферными осадками поступают на сопряженные среды (почва, растения и т.д.), через поверхностные и грунтовые воды переносятся уже в иных направлениях на значительные расстояния, расширяя зону воздействия предприятий мы провели исследование распределения фтора и сульфат-иона в осадках дождя и снега, в данном случае в зоне влияния выбросов промышленной площадки г.Братск.

В 2005 году валовые выбросы диоксида серы на БрАЗе составили 2,377 тыс тонн [1], при применении содо-бикарбонатного способа очистки электролизных газов («мокрый» способ газоочистки). Выбросы SO₂ на Братском лесопромышленном комплексе (в т.ч. ТЭЦ-6, ТЭС - 2,3) составили 1039,851 т, на ТЭЦ-6 - 2570,785 т; на ТЭЦ-7 - 804,557 т, районных и городских котельных - 1488,836 тонн [1]. На основании интерпретации данных БЦГМС представлена динамика SO₂ и можно сделать вывод, что содержание диоксида серы в течение года в атмосфере п. Чекановский (3 км от БрАЗа, 4 км от завода ферросплавов) не превышает ПДС_{СС} 0,05 мг/м³ и практически постоянно в течение года. Тогда как в п. Падун (26-27 км от

БрАЗа) содержание диоксида серы в летние месяцы несколько меньше, чем в холодный период года, что связано с выбросами ТЭЦ, находящейся в п. Падун.

На основании данных о динамике количества осадков за месяц и среднего содержания диоксида серы в месяц в п. Падун (те дни, когда выпали атмосферные осадки только дождя и снега) в 2009-2011 годах установлена тенденция «вымывания» диоксида серы из атмосферы в летние месяцы, когда выпадает наибольшее количество осадков.

Известно, что в отличие от действующих алюминиевых заводов Байкальского региона, строящиеся заводы будут использовать «сухую» газоочистку электролизных газов, которая практически не эффективна по отношению к диоксиду серы. В документах, обосновывающих строительство Богучанского алюминиевого завода [2] указано, что «остаточное воздействие на атмосферу значимых выбросов загрязняющих веществ проектируемого алюминиевого завода в виде удельных показателей выбросов для диоксида серы составит – 13,7кг/т Al». Простой расчет показывает, что с учетом проектной мощности выпуска алюминия - 600 тыс тонн, выбросы SO₂ составят 8,22 тыс.тонн диоксида серы, что в 3 раза выше, чем на БрАЗе (производительность - 1 млн тонн Al в год) и возможно будет загрязнение атмосферного воздуха, атмосферных осадков и сопряженных сред. Указано, что удельный выброс [2] соответствует отечественным и мировым стандартам алюминиевой промышленности. Но, известно, что нет единых мировых стандартов, есть стандарты для стран ЕС, американские стандарты, стандарты для развивающихся стран и т.д. Однако, в странах ЕС нет заводов мощностью 600 тыс.тонн алюминия в год.

Таким образом, полученные характеристики распределения позволяют использовать их для экологической оценки состояния г. Братска, в перспективе применять их для управления экологической безопасностью производства алюминия.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания 5.1678.2011 Министерства образования и науки Российской Федерации

Библиографический список

1. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности Иркутского УГМС в 2005г. Иркутск: ФС РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Ирк. тер. упр. по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. 2006.

2. Отчет ЗАО НПО фирма «ДИЭМ», ООО «Русская инжиниринговая компания» (РУСАЛ РИК), ОАО «Всероссийский алюминиево-магниевый институт» (РУСАЛ ВАМИ). Богучанский алюминиевый завод. Обоснование инвестиций строительства. Том XI. Оценка воздействия на окружающую среду. Часть 4.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ В КОНТРОЛЕ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Г.Н.Дударева¹, М.В.Ставицкая², А.И. Шкрабо³, А.С.Шатрова⁴

¹ к.х.н., доцент кафедры общеобразовательных дисциплин ЗВФ ИрГТУ;

² к.х.н., инженер Лаборатории экологического мониторинга при ИрГТУ, bogdanov.lab@istu.edu;

³ вед. инженер кафедры ОПИ и ИЭ Института недропользования ИрГТУ;

⁴ студентка гр. ООС-08-1 кафедры ОПИ и ИЭ Института недропользования ИрГТУ.

Привлечение к исследованию и анализу твердых образцов природных объектов нового высокочувствительного метода – атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) позволило значительно ускорить и упростить определение концентраций как макро-, так и микроэлементного состава почв, грунтов, твердых промышленных отходов. Это важно как для контроля производственных процессов, так и для мониторинга объектов окружающей среды. Однако при анализе реальных проб возникают сложности при использовании разных способов химической подготовки образцов: микроволнового кислотного разложения, открытого препаративного кислотного разложения в зависимости от состава реакционной среды. При некоторых способах разложения не удаётся добиться полноты перевода образцов в раствор.

В работе проведено сравнение метрологических параметров различных способов пробоподготовки твердых образцов грунтов к АЭС- ИСП анализу. Полноту разложения и переведения в раствор всех составляющих элементов контролировали визуально и экспериментально с помощью одновременного разложения стандартных образцов состава СДПС-3 с аттестованными значениями концентраций содержащихся в них компонентов. Элементный состав проб после разложения определяли на спектрометре высокого разрешения ICPE-9000 производства «Shumadzu» (Япония). Градуировку спектрометра осуществляли по ГСО водного состава растворов, близкого к предполагаемому содержанию анализируемых компонентов. Далее анализировали ГСО состава дерновоподзолистой супесчаной почвы СДПС-3 и с помощью программного обеспечения прибора находили значения концентраций определяемых компонентов.

Методики разложения были опробованы на образцах почв: подзолистой, суглинистой, песчаной и почвы с примесью опилок. Микроволновое разложение осуществляли в лабораторной печи «Berghof» MWS-3 по программе *Microwave digestion of soil* смесью (1) концентрированных азотной и соляной кислот (1:3), (2) – смесью тех же кислот с добавлением фтороводородной кислоты и пероксида водорода и (3) – смесью тех же ки-

слот, но с добавлением фтористоводородной и борной кислот. Открытое препаративное разложение проводили смесью кислот хлористоводородной, фтористоводородной, хлорной и азотной кислот согласно [1]. Из нескольких опробованных способов [1-3] разложения были отобраны два способа, позволяющие наиболее полно перевести взятые навески почв в раствор.

Правильность проведения эксперимента оценивали по известному микроэлементному составу СДПС-3 на содержание кобальта, меди, марганца, никеля, свинца и цинка. Проведенные исследования показали, что наиболее близкие к паспортным значениям концентрации указанных элементов в контрольном стандартном образце получены при использовании методик разложения [1] и [2]. Точность определения не превышает допустимых значений для перечисленных выше элементов. Однако, следует отметить, что при использовании открытого способа разложения легко летучие элементы, например, мышьяк могут частично улетучиваться.

Библиографический список

1. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта и хрома в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии.
2. Оптимизация метода микроволнового разложения силикатных осадков оз. Байкал при фиксации растворов вскрытия борной кислотой и ЭДТА //Жученко Н.А. и [др.] Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, 2007. 198 с., С.172-174.
3. МВИ-80-2008 «Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии».

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ №1	4
ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ	
ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ	4
ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЗВОДСТВ	4
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУЧНОГО	4
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗА СЧЕТ РАЗРУШЕНИЯ РУД.....	4
В ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ ВАЛКАХ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	4
Карпухин А.И. ¹ , Аксенов А.В. ² , Яковлев Р.А. ³	4
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА	
КРЕМНИЯ.....	6
Федоров С.Н. ¹	6
ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ШИХТЫ	9
ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАВКИ КРЕМНИЯ.....	9
О.И. Рандин ¹ , О.В. Дударева ² , К.С. Ведерникова ³	9
ОКОМКОВАНИЕ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ	10
ПРОИЗВОДСТВЕ КРЕМНИЯ	10
М.С. Леонова ¹ , Т.А.Бузикова ² , Т.С. Минеева ³	10
ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	12
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ	12
Тимофеев А.К. ¹ , Федоров С. Н. ² , Бельский С.С. ³	12
ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЮ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ	14
Т.А Бузикова ¹ , Н.В. Немчинова ²	14
ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ФИЗИКО-	
ХИМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ	
КРЕМНИЯ.....	16
А.К. Тимофеев	16
МИНЕРАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ	18
Т.А. Бузикова ¹ Н.В. Немчинова ²	18
ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ВЫПЛАВКЕ КРЕМНИЯ ..	
Е.А. Потапова ¹ , Е.А. Гусева ²	20
ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШИХТОВЫХ	22
МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ.....	22
Н.В Немчинова ¹ , А.А. Молявко ²	22
ВИДЫ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ	25
Федоров С. Н.....	25
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РАЗЪЁМНО-	
КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ	
ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ	28
Е.Ю.Радионон ¹ , Я.А.Третьяков ² , Н.В. Немчинова ³ , И.А. Сысоев ⁴ , В.А.	
Ершов ⁵	28
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСТЫЛЕЙ	30
А.В. Федотов ¹ , А.П. Дорошкевич ²	30

МЕТОДЫ ПРИБЛИЖЁННЫХ РАСЧЁТОВ ЭНТАЛЬПИИ, ЭНТРОПИИ И ТЕПЛОЁМКОСТИ ДВОЙНЫХ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ	32
Кузьмин М.П.	32
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОКИСЛЯЕМОСТИ И	34
РАЗРУШАЕМОСТИ АНОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ	34
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСИ НАТРИЯ	34
А.Н. Баранов ¹ , А. В. Гуляев ²	34
УСТРАНЕНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ...	36
МАЛОГАБАРИТНЫХ ЧУШЕК ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ	36
М.П. Кузьмин ¹ , М.Ю. Кузьмина ² , П.Б. Кузьмин ³ , В.В. Кучина ⁴	36
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОБ ЛИТЕЙНЫХ	38
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	38
Кузьмин М.П. ¹ , Кузьмина М.Ю. ² , Пьявкина А.А. ³	38
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА....	40
АЛЮМИНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	40
А.Н.Баранов ¹ , П.А.Якушевич ²	40
КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БОРТОВОЙ ФУТЕРОВКИ	42
АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	42
А.Н. Баранов ¹ , Э.Н. Додонов ²	42
МИНИМИЗАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ.....	44
СОЕДИНЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	44
В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ	44
А.Н. Баранов ¹ , Е.В. Тимкина ²	44
ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ТИТАНА И БОРА	46
ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ КРЕМНИЕВОГО РАСПЛАВА	46
А.А. Тютрин.....	46
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ ГРАВИТАЦИОННЫХ.....	48
КОНЦЕНТРАТОВ БЕРЕЗОВСКОГО РУДНИКА	48
В.Г. Лобанов ¹ , Ф.М. Набиуллин ² , В.Б. Начаров ³ , Е.И. Тимофеев ⁴	48
ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ СЫРЬЕВОЙ	49
БАЗЫ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	49
С.В. Катышева ¹ , О. А. Пунишко ²	49
ПОИСК РЕШЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА.....	52
ИЗ РУД СОДЕРЖАЩИХ ПРИРОДНЫЙ СОРБЕНТ	52
В.Н. Охотин ¹ , А.В. Аксенов ² , С.Г. Рыбкин ³	52
К ПЕРЕРАБОТКЕ УГЛИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ.....	54
КОНЦЕНТРАТОВ	54
П.А. Замотин ¹ , В.Г. Лобанов ² , Е.А. Кузас ³	54
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЦИАНИСТОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....	56
ЗОЛОТА ИЗ БЕРЕЗОВСКОГО ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА.....	56
В.Г. Лобанов ¹ , Ф.М. Набиуллин ² , В.Б. Начаров ³ , Н.А. Филонов ⁴ ,.....	56
Е.И. Тимофеев ⁴	56
К ПРОБЛЕМЕ ПЕРЕРАБОТКИ ХВОСТОВ ЦИАНИРОВАНИЯ	58

ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА ООО “БЕРЕЗОВСКИЙ РУДНИК”	58
В.Г. Лобанов ¹ , Ф.М. Набиуллин ² , В.Б. Начаров ³ , Н.А. Филонов ⁴ , П.А. Замотин ⁴	58
ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ВЫЛОМОК	59
ПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ	59
Лобанов В.Г. ¹ , Мастюгин С.А. ² , Королев А.А. ³ , Шунин В.А. ⁴ , ...	59
Хафизов А.Т. ⁵ , Полыгалов С.Э. ⁶	59
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ	60
АКТИВИРОВАННЫХ СУЛЬФИДОВ.....	60
Т.С. Минеева ¹ , А.М. Василенко ²	60
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ И СЕРЕБРА ИЗ МАТОЧНЫХ.....	62
РАСТВОРОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА	62
Топоркова Ю.И. ¹ , Мельников К.Е. ² , Маковская О.Ю. ³	62
МИРОВОЙ ОПЫТ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ	64
МЕДИ ИЗ ОКИСЛЕННЫХ РУД	64
А.Г.Никитенко ¹ , А.А.Васильев ² , А.В.Аксёнов ³	64
КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСПЛАВА СИСТЕМЫ CU-O....	67
УГЛЕРОДОМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТЕХНОЛОГИИ.....	67
ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ	67
В.П. Жуков ¹ , М.А. Яхнев ²	67
ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ КОНВЕРТИРОВАНИЯ	69
БОГАТЫХ МЕДНЫХ ШТЕЙНОВ	69
Н.Г. Агеев ¹ , В.А. Меньщиков ²	69
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ	71
МЕДЬЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ШЛАМОВ.....	71
Лобанов В.Г. ¹ , Мастюгин С.А. ² , Королев А.А. ³ , Воинков Р.С. ⁴ ,.....	71
Хафизов А.Т. ⁵	71
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ CU-NI-AU	73
А.В. Колмагоров ¹ , Е.А. Анциферов ² , А.В. Анциферова ³	73
ЛИКВАЦИОННАЯ ПЛАВКА – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД	75
ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ	75
КОНЦЕНТРАТОВ.....	75
Г.И. Хантургаева	75
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА СПЛАВА ТИПА МАГНАЛИЙ.....	77
С. Н.Федоров ¹ , М.В.Константинова ²	77
ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ-КОМПЛЕКСОНОВ	79
В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ.....	79
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	79
О.С.Анисимова ¹ , Ю.Ф.Сергеева ² ,Н.Р.Галлямова ³	79
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ КАК НОВЫЙ СПОСОБ.....	81
ПЕРЕРАБОТКИ СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ.....	81
В.В. Егоров ¹ , С.В. Мамяченков ²	81
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКСИДИРОВАННОГО.....	83
ТИТАНА В КОНДЕНСАТОРОСТРОЕНИИ.....	83

Кузьмина М.Ю. ¹ , Кузьмин М.П. ² , Пьявкина А.А. ³	83
ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ	85
ОКСИДИРОВАННОГО ТИТАНА	85
Кузьмина М.Ю. ¹ , Кузьмин М.П. ² , Бартаханова Е.О. ³	85
УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ТЕХНОЛОГИИ	88
ПЕРЕРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА.....	88
Мельников К.Е. ¹ , Маковская О.Ю. ²	88
ТЕРМОДИНАМИКА ОСНОВНЫХ РЕАКЦИЙ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПЛАВКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА.....	90
Жуков В.П. ¹ , Слинкин И.В. ²	90
РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ	92
ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СУХУЮ ГАЗООЧИСТКУ ..	92
ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАВОДАХ	92
Баранов А.Н. ¹ , Солошенко Н.В. ²	92
КОРРОЗИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ	94
А.Н. Баранов ¹ , Д.В.Нупрейчик ²	94
РЕЗЕРВЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА	96
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ	96
И.А.Сысоев ¹ , В.А.Ершов ² , Е.С.Кошелев ³ , А.А.Ермаков ⁴	96
О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАРБОНИТРИДА ХРОМА	98
В УСЛОВИЯХ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА АЗОТА.....	98
Л.С. Ширяева ¹ , И.В. Ноздрин ²	98
СУШКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ	99
В УСЛОВИЯХ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ	99
А.Т.Хафизов ¹ , В.Г.Лобанов ²	99
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ	101
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В УРФУ	101
Ребрин О.И. ¹ , Мамяченков С.В. ²	101
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ «АУСМЕЛТ»	103
С УЧЕТОМ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	103
ГОКА «ЭРДЭНЭТ» (МОНГОЛИЯ)	103
Д. Эрдэнэбаатар ¹ , С.С. Набойченко ² , В.П.Жуков ³	103
ПЕРЕРАБОТКА СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ ДУКАСКОГО ГОКА.....	104
С. И. Голубцов ¹ , А.В.Никаноров ²	104
СЕКЦИЯ № 2	106
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ, КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	106
РАЗРАБОТКА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА	106
УЧЕБНОГО СТЕНДА.....	106
Ершов П.Р. ¹ , Холкин С.И. ² , Мальчихин А.С. ³ , Гага Е.И. ⁴	106
РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ УГЛЕРОДИСТЫХ	108
ВОСТАНОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРЕМНИЯ	108
Л.М. Ознобихин ¹ , И.В. Орлова ² , В.В. Донец ³	108

АВТОКЛАВ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД.....	109
Елшин В.В. ¹ , Колодин А.А. ² , Мальчихин А.С. ³	109
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	112
ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	112
О.В. Дударева ¹ , О.И. Рандин ² , А.О. Свитова ³	112
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА «АКАЦИЯ» В ТЕХНОЛОГИИ ...	114
ИНТЕНСИВНОГО ЦИАНИРОВАНИЯ ЗОЛОТА.	114
Пелих В.В. ¹ , Салов В. М. ²	114
АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АММИАЧНОГО ЦИАНИРОВАНИЯ МЕДИСТЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД.....	116
А.А. Макаров ¹ , В.М.Салов ²	116
ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РИСКА	117
НЕРЕЗЕРВИРОВАННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	117
М. В. Горбачёва ¹ , Чан Зань Хыонг ² , О.В. Лазарева ³	117
РАЗРАБОТКА ВНУТРИПРИБОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ...	119
АНАЛИЗАТОРОМ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	119
А.С. Мальчихин ¹ , Ю.А. Подкаменный ² , С.В. Саливон ³	119
А.А. Носенко ⁴ , С.И.Половнева ⁵	119
ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ ВИХРЕВЫМИ РАСХОДОМЕРАМИ ..	
С.И. Половнева ¹ , С.А. Мельник ² , Е.А. Иванова ³	121
К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ	123
ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ	123
И.А.Сысоев ¹ , В.А.Ершов ² , Е.Ю.Радионов ³ , Е.Э.Иванова ⁴	123
СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ САУ	126
ТЕМПЕРАТУРЫ УЧЕБНОГО СТЕНДА.....	126
П.Р. Ершов ¹ , Чан Зань Хыонг ² , М.С. Хороших ³	126
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ	128
ХАРАКТЕРИСТИК УЧЕБНОГО СТЕНДА	128
Ершов П.Р. ¹ , Чан Зань Хыонг ² , Хороших М.С. ³	128
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	130
С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX	130
МАТРИЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ MATLAB+SIMULINK	130
Т.А.Иваненко ¹ , А.А.Мельник ² , А.В.Баев ³	130
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ	132
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ДАВЛЕНИЯ	132
А.Н. Погодаева ¹ , О.В. Лазарева ² , М.И. Капитонова. ³	132
РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ПАРОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК, УЧИТЫВАЮЩИЙ ДИНАМИКУ ПРОЦЕССА	134
А. А.Герасимова ¹ , В.Г. Хапусов ²	134
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	136
АДСОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА	136
Л.М. Ознобихин ¹ , В.А. Шагун ² , Ш.С. Куулар	136

СЕКЦИЯ №3	138
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ	138
И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	138
ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.....	138
НА СОДЕРЖАНИЕ СЕРЫ В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ	138
В.С. Кудисов ¹ , А.И. Садаева ² , В.П. Барышок ³	138
О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗРАБОТКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДОВ ДЕСУЛЬФУРИЗАЦИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	139
В. А. Чапига ¹ , А. А. Чайка ²	139
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗРАБОТКЕ.....	142
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	142
А.С. Ляхович ¹ , А.П. Шустов ²	142
2,6-ДИ(1-АДАМАНТИЛ)- <i>n</i> -КРЕЗОЛ В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО . ИНГИБИТОРА РАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА	144
Д.С.Руденко ¹ , До Тьем Тай ² , И.В.Петерсон ³ , Гоготов А.Ф. ⁴	144
ПОДБОР СТАЛЕЙ ДЛЯ КОКСОВОЙ КАМЕРЫ	146
СОВРЕМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ	146
Т. С. Паргачёва ¹ , С.Г. Дьячкова ² , А.В. Копарчук ³	146
ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ПОТЕРЯМИ НЕФТЕПРОДУКТОВ	150
А.Я. Рыбкин ¹ , С.Г. Дьячкова ²	150
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ.....	151
МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ТЕХНОЛОГИИ СВЧ-ТЕРМОЛИЗА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	151
С.В. Гунич ¹ , Е.В. Янчуковская ² , Н.И. Днепровская ³	151
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПАУНДИРОВАНИЯ.....	153
БЕНЗИНОВ НА АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ	153
Е.Е.Албаева ¹ , Д.В. Медведев ² , В.Н.Сапрыгина ³	153
ИЗУЧЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНЫХ СИТЕМ	
Ю. В. Придатченко ¹ , Е.М. Шуваева ¹ , А.А. Яковлева ²	156
ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ	158
ПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	158
Т. А Звонарева ¹ , М. Л. Бахматов ¹ , В.В. Баяндин ²	158
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИОКСИДА ГЕРМАНИЯ С МОЛОЧНОЙ И ВИННОЙ КИСЛОТОЙ В ПРИСУТСТВИИ АМИНОВ	160
Л.Н. Тхюи Занг ¹ , В.П.Барышок ² , М.Г. Воронков ³	160
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАТАЛИЗАТОРОВ РИФОРМИНГА .	162
Е.В. Белоусова ¹ , В.Н. Сапрыгина ² , О.В. Белозерова ³	162
АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ	164
ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК	164
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	164
Соболева К.Н ¹ ., Кудайкин В.В. ² ., Хомченко М.Н ³ ., Губанов Н.Д. ⁴	164
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ БУТИЛОВЫХ	166
ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ТАЛЛОВОГО МАСЛА.....	166

Н.Д. Губанов ¹ , Е. Ю. Щербакова ² , К. В. Котова ³	166
ПЕРЕВОД ТРУБЧАТЫХ ПЕЧЕЙ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО.....	168
С.Ю. Ляшонок ¹ , А.В. Книжник ² , С.Г. Дьячкова ³	168
ПОИСК НОВЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	169
Семенов Д.А. ¹ , Никитина А.Н. ² , Подгорбунская Т.А. ³	169
3,5-ДИ-(1-АДАМАНТИЛ)-ПИРОКАТЕХИН-1,2 В КАЧЕСТВЕ	171
ЭФФЕКТИВНОГО ИНГИБИТОРА НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ	
ТЕРМОПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ	
ПИРОКОНДЕНСАТОВ.....	171
Д.С.Руденко ¹ , До Тьем Тай ² , И.В.Петерсон ³ , Гоготов А.Ф. ⁴	171
ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ	
МЕТИЛТРИХЛОРСИЛАНА И 1-ВИНИЛ-4,5,6,7-	
ТЕТРАГИДРОИНДОЛА	173
С.С. Бочкарёва ¹ , А.Д. Волкова ²	173
СОРБЦИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА(II) УГЛЕРОДНЫМ СОРБЕНТОМ .	175
Минаева Л.А. ¹ , Дударев В.И. ² , Муравьева А.А. ³	175
ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА.....	177
Е.А.Орхокова ¹ , В.В.Баяндин ²	177
ПРИМЕНЕНИЕ РЕАКТОРА СВЧ-ТЕРМОЛИЗА ДЛЯ.....	178
ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	178
Е.В. Янчуковская ¹ , С.В. Гунич ² , Н.И. Днепровская ³	178
ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ МЕМБРАН ДЛЯ	
ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	180
Т.В. Бадлуева ¹ , В.С. Хамадаев ² , А.Н. Чеснокова ³ , О.В. Лебедева ⁴ ,	
А.Э. Ржечицкий ⁵ , Н.А. Иванов ⁶	180
СЕКЦИЯ № 4	182
БИОТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ	182
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	182
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ФЕНОЛЫ ХМЕЛЯ:	182
ВЫДЕЛЕНИЕ, СТРОЕНИЕ, ЗНАЧЕНИЕ	182
А.Н. Чеснокова ¹ , В.И. Луцкий ²	182
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ОДУВАНЧИКА.....	184
ЛЕКАРСТВЕННОГО <i>Taraxacum Officinale</i> Wigg.	184
Н.П.Тигунцева ¹ , Р.А. Воробьева ² , С.Н.Евстафьев ³	184
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПОФИЛЬНЫХ	
И ГИДРОФИЛЬНЫХ БАВ СЕМЯН СОСНЫ СИБИРСКОЙ.....	187
В.Г. Ширеторова ¹ , А.Г. Хантургаев ²	187
ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ <i>PLEUROTUS</i>	
<i>PULMONARIUS</i> С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВЫХ ПИЩЕВЫХ.	188
ДОБАВОК И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	188
Е.А. Мельникова ¹ , С.В. Терентий ² , П.В. Миронов ³	188
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖМЫХА КЕДРОВОГО ОРЕХА ПРИ	
ПРИГОТОВЛЕНИИ ХЛЕБА ПШЕНИЧНОГО.....	190
Е.А Зомберг ¹ , И.Т Александрова ²	190

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВАФЕЛЬНЫХ ЛИСТОВ С САХАРОМ НА МЕЛАНЖЕ С ВНЕСЕНИЕМ АРАБИНОГАЛАКТАНА..	
Е.А. Татарникова ¹ , О.В. Куприна ¹ , А.Е. Шестакова ¹ , Е.Н. Медведева ²	191
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИОСОРБЕНТОВ В ПРОЦЕССАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	193
Федорова О.С. ¹ , Рязанова Т.В. ²	193
ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭФИРНЫХ	196
МАСЕЛ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ	196
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	196
Д.С.Владыкина ¹ , С.А.Ламоткин ² , О.А.Попина ³ , Е.В.Литвинова ⁴ , Н.М.Петлицкая ⁵	196
ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СУБКРИТИЧЕСКОЙ ЭКСТРАКЦИИ ВОДНО-СПИРТОВОЙ СМЕСЬЮ.....	198
Волкова А. Д. ¹ , Евстафьев С. Н. ²	198
ЭТАНОЛИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ.....	200
С.В.Филиппов ¹ , Хоанг Куанг Кыонг ² , С.Н.Евстафьев ³	200
ПРИМЕНЕНИЕ АРАБИНОГАЛАКТАНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАФЕЛЬНЫХ ЛИСТОВ НА МЕЛАНЖЕ С ФОСФАТИДАМИ.....	203
Е.А. Татарникова ¹ , О.В. Куприна ¹ , У.Ю. Кузнецова ¹ , Е.Н. Медведева ²	203
ЛИСТОВЫЕ ВАФЛИ С АРАБИНОГАЛАКТАНОМ КАК	205
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ	205
Е.А. Татарникова ¹ , О.В. Куприна ¹ , Р.Б. Халтанова ¹ , Е.Н. Медведева ² ..	205
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАКЦИИ ЛИПОФИЛЬНЫХ И ГИДРОФИЛЬНЫХ БАВ СЕМЯН СОСНЫ СИБИРСКОЙ.....	207
В.Г. Ширеторова ¹ , А.Г. Хантургаев ²	207
ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ВОДНО-ЩЕЛОЧНОГО	209
ЭКСТРАКТА КОРЫ СОСНЫ	209
Тюлькова Ю.А. ¹ , Рязанова Т.В. ² , Еременко О.Н. ³ , Тарченкова Т.М. ⁴ ...	209
БИОДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ ЧАСТИ	211
ТОПИНАМБУРА ГРИБАМИ РОДА TRICHODERMA.....	211
М.А. Пикозина ¹ , Н. А. Чупрова ² , Т. В. Рязанова ³	211
ПОДБОР УСЛОВИЙ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВАКУУМИРОВАНИЯ	213
КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ В ПРОЦЕССЕ АЦЕТОНО-БУТИЛОВОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ.....	213
К.В. Молокова ¹ , Н.А. Арбатская ² , Е.А. Привалова ³	213
СУБКРИТИЧЕСКИЙ АВТОГИДРОЛИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ	216
Е.В. Чечикова ¹ , Н.В. Зорина ² , С.Н. Евстафьев ³	216
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АРТИШОКА КОЛЮЧЕГО	219
(CYNARA SCOLYMUS L.).....	219
Е.В. Булуева ¹ , Н.В. Седых ² , И.Т. Александрова ³	219
СЕКЦИЯ № 5	222
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ.....	222

ВСЕСТОРОННЕЕ ИЗУЧЕНИЕ КАК ЗАЛОГ СОХРАНЕНИЯ	222
ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ	222
А.А. Яковлева ¹ , Г.А. Хингеева ²	222
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СОРБЦИЮ.....	224
ИОНОВ ХРОМА (VI)	224
О.В. Климова ¹ , Г.Н. Матвеева ² , В.И. Дударев ³	224
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ	226
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСТВОРОВ.....	226
ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИОННЫМ ШЛАМОМ.....	226
Е.Г.Филатова ¹ , Е.В. Кудрявцева ² , А.О.Свитова ³	226
УДАЛЕНИЕ ИОНОВ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА ИЗ.....	228
ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД	228
А.О.Свитова ¹ , Н.Н. Шевелева ² , Е.Г. Филатова ³	228
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ	229
В КАЧЕСТВЕ ЗАПОЛНИТЕЛЯ ТЯЖЁЛОГО БЕТОНА.....	229
И.О. Кравчук ¹ , К.П. Гусев ² , В.В. Ларичкин ³	229
УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	231
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОЛОГОБЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 231	
Л.И.Худякова ¹ , О.В.Войлошников ² , И.Ю.Котова ³	231
УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ	234
ФОТООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ (НАНОКАТАЛИЗАТОРЫ) ..	
Ф.Г. Космынин	234
ПЕСТИЦИДЫ-ИНГИБИТОРЫ МИТОХОНДРИЙ:	235
МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ И ОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	235
Перфильева А.И. ¹	235
СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	238
ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ	238
Г.И. Хантургаева	238
СОРБЦИЯ ИОНОВ МАРГАНЦА(II) УГЛЕРОДНЫМ СОРБЕНТОМ . 239	
Л.А.Минаева ¹ , В.И.Дударев ² , А.А.Муравьева ³	239
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ ... 241	
В ПРОЦЕССЕ УДАЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ..... 241	
ИЗ ПАСТ АЗОПИГМЕНТОВ	241
Чижигов А. Г. ¹	241
ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРГАНЦА В ВОЗДУХЕ..... 243	
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ СВАРОЧНЫХ РАБОТАХ	243
О.В. Кузнецова ¹ , А.Ю. Лобанова ²	243
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА..... 245	
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ Р.ЭЛЬБЫ (ГЕРМАНИЯ) 245	
Е.А. Хромова ¹ , М.А. Иванова ² , Е.Ю. Воронина ³	245
АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ	
ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИИ	247
СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРЕ	247
И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ.....	247

Баранов А.Н. ¹ , Янченко Н.И. ² , Анкудинова Я.В. ³	247
ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ В КОНТРОЛЕ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	249
Г.Н.Дударева ¹ , М.В.Ставицкая ² , А.И. Шкрабо ³ , А.С.Шатрова ⁴	249

Научное издание

**Перспективы развития технологии переработки
углеводородных,
растительных и минеральных ресурсов**

Материалы
III Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

(Иркутск, 25–26 апреля 2013 г.)

Тезисы докладов печатаются в авторской редакции

Оформление обложки Иванова Кристина Геннадьевна

Подписано в печать 26.03.2013. Формат 60 × 90 / 16
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 16,31.
Тираж 200 экз. Зак. 45. Поз. Плана 12.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83