

МИНОБРНАУКИ
ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСАТОМ»
АДМИНИСТРАЦИЯ ЗАТО СЕВЕРСК
СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
ФГАОУ ВПО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сборник статей

Северск 2013

УДК 338+371+661

Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности:
Сборник статей. – Северск: Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, 2013. – 205с.

ISBN 978-5-93915-118-4

В сборнике статей, подготовленном по материалам Отраслевой научно-технической конференции «Технология и автоматизация атомной энергетики и промышленности» ТААЭП-2013, приведены научные и практические результаты исследований, направленных на инновационное развитие атомной отрасли, в том числе связанных с совершенствованием химических технологий, созданием машин и аппаратов, автоматизацией технологических процессов, а также применением современных информационных технологий в атомной промышленности. Кроме того, рассмотрены вопросы экологии, надежности, безопасности ядерных производств и социально-экономические проблемы в атомной промышленности.

Для специалистов, работающих в области атомной энергетики, а также для студентов старших курсов и аспирантов соответствующих специальностей.

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Северского технологического института НИЯУ МИФИ. Материалы сборника издаются в авторской редакции.

Сборник статей печатается при поддержке ОАО «Сибирский химический комбинат».

ISBN 978-5-93915-118-4

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<i>Андреев В.А., Гулюта М.А., Молоков П.Б., Воронцов К.С., Головки В.В.</i> Переработка упорных урансодержащих руд с применением фторидной активации	7
<i>Ануфриева А.В., Галата А.А., Софронов В.Л., Буйновский А.С.</i> Кинетика процесса взаимодействия диоксида урана и фтороводорода.....	13
<i>Баженов Д.А., Борисюк Е.В., Дамм Ю.П., Мурлышев А.П., Орехов И.А.</i> Оптимизация технологии очистки катодного газа электролизного производства СЗ ОАО «СХК»	17
<i>Буйновский А.С., Молоков П.Б., Завалюев А.С.</i> Исследование сорбционного извлечения золота и серебра из цианидных растворов с помощью новых анионитов	23
<i>Гузев В.В., Нерадовский А.В.</i> Переработка шахтного метана газогидратным методом	27
<i>Ковальская Я.Б., Зеличенко Е.А., Морозова А.С., Гурова О.А.</i> Получение хитозансодержащих материалов для сорбционного концентрирования золота и радиоактивных элементов.....	30
<i>Костарева Т.В., Федин А.С., Ожерельев О.А.</i> Математическое моделирование кинетики сублимации гексафторосиликата аммония	33
<i>Федин А.С., Ожерельев О.А.</i> ИК-спектрометрические исследования полиморфного состава десублимата гексафторосиликата аммония.....	38
<i>Шевелёв А.М., Каменев Е.А., Тинин В.В.</i> Способ подготовки урансодержащего сырья к экстракционной переработке	42
<i>Шевелёв А.М., Каменев Е.А., Тинин В.В.</i> Способ переработки урансодержащего сырья природного происхождения	45
<i>Шевелёв А.М., Соколов С.А., Жиганов А.Н.</i> Способ переработки ХКПУ	50

Раздел АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

<i>Глушков А.В., Кербель Б.М.</i> Тенденции развития литий-ионных аккумуляторов	54
--	----

<i>Агеев А.Ю., Концевой Г.Г., Сакирко С.С.</i>	
Автоматизированная система учета энергоресурсов	58
<i>Кербель Б.М., Агеев А.Ю., Паюсов А.Ю., Лохтина Л.Н.</i>	
Лабораторная печь для исследования технологии непрерывного твердофазного синтеза порошков.....	63
<i>Козлова Л.Е., Тимошкин В.В., Глазырин А.С.</i>	
Нейросетевой датчик скорости двигателя постоянного тока	68
<i>Леонов С.В., Полунин Д.В., Мельничук О.В.</i>	
Расчет концентрации магнитного потока для высокоэффективных магнитных систем	71
<i>Леонов С.В., Полунин Д.В., Мельничук О.В.</i>	
Моделирование герметичной магнитной муфты с концентацией магнитного потока.....	77
<i>Филипас А.А., Берестовская Н.А., Карандашов М.В.</i>	
Моделирование нагрузки электропривода производственных механизмов.....	82

Раздел ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<i>Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.</i>	
Метод выбора оптимальных схем вскрытия эксплуатационных блоков при скважинном подземном выщелачивании урана	86
<i>Истомин А.Д., Носков М.Д., Рудмин М.А., Чеглоков А.А.</i>	
Подсчет запасов месторождений урана, разрабатываемых методом скважинного подземного выщелачивания.....	90
<i>Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Истомин А.Д., Носков М.Д.</i>	
Численный алгоритм расчета процесса выщелачивания металлов из полиэлементных руд	94
<i>Матолыгин А.А., Истомин А.Д., Носков М.Д.</i>	
Математическая модель прессования таблеток керамического топлива....	98
<i>Носков М.Д., Истомин А.Д., Гуцул М.В., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Чеглоков А.А.</i>	
Программный комплекс для управления работой добычного комплекса геотехнологического предприятия по добыче урана.....	103
<i>Носков М.Д., Гуцул М.В., Жиганов А.Н., Кеслер А.Г., Носкова С.Н.</i>	
Математическое моделирование разработки месторождений урана методом подземного выщелачивания	107
<i>Носков М.Д., Истомин А.Д., Сакирко Г.К.</i>	
Принципы построения интеллектуальной информационной системы управления добычным комплексом геотехнологического предприятия ..	111

<i>Семёнова Р.А., Кеслер А.Г., Носков М.Д.</i>	
Влияние дебитов технологических скважин на эффективность отработки блока при существенной неоднородности мощности продуктивного горизонта	115
<i>Теровская Т.С., Носков М.Д.</i>	
Миграция образующихся при подземном выщелачивании урана загрязняющих веществ в продуктивном водоносном горизонте	119

Раздел МАШИНЫ И АППАРАТЫ ЯДЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Дивановская А.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.</i>	
Электротехнический нагрев серной кислоты для нужд ядерной промышленности	123
<i>Кривоустов С.И., Пищулин В.П., Теровский С.В.</i>	
Исследование методики диагностики работы колонного экстрактора	126
<i>Кривоустов С.И., Пищулин В.П., Брендаков В.Н., Теровский С.В., Трошкин В.П.</i>	
Математическая модель процесса экстракции в колонном пульсационном экстракторе	132
<i>Русакова Ю.И., Пищулин В.П., Зарипова Л.Ф.</i>	
Разработка установки для гидрофторирования оксидов урана	137
<i>Юртаева А.Н., Макаров Ф.В., Пищулин В.П., Сваровский А.Я., Шаклина А.В.</i>	
Гуминовые кислоты в технологии реабилитации почв от радионуклидов и очистки радиоактивно-загрязненных вод	141
<i>Тоненчук А.А., Пищулин В.П.</i>	
Термодинамика процесса гидрофторирования облученного ядерного топлива	144
<i>Тоненчук А.А., Пищулин В.П.</i>	
Термодинамика процессов фторирования компонентов ОЯТ трифторидом брома	149
<i>Тоненчук А.А., Пищулин В.П.</i>	
Установка переработки ОЯТ по схеме трёхступенчатого фторирования	153

**Раздел ПОДГОТОВКА КАДРОВ, СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ И
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

Брит Н.В.

Современные тенденции инновационного развития мировой
экономики..... 157

Брит Н.В.

Систематизация управленческих знаний для их прикладного
использования 160

Брит Н.В.

Развитие животноводства и птицеводства в Российской Федерации в
период с 1990 по 2010 годы..... 165

Кербель Б.М., Попова И.Г.

Процессный подход в анализе деятельности распределенного
университета 170

Кирсанова Е.С.

Исторический опыт и общественные преобразования в системе
консервативно-либеральной идеологии..... 174

Михеенко С.Н.

Анализ динамики развития рынка труда Томской области..... 178

Михеенко С.Н.

Деловая активность женщины – потенциал социального развития
ЗАТО Северск 182

Михеенко С.Н.

Современное состояние российского рынка труда..... 188

Недоспасова О.П.

Корпоративные инвестиции в накопление человеческого капитала для
инновационного развития атомной промышленности..... 193

Ретунская Т.Н.

Анализ результатов исследования воздействия факторов микросреды
на выбор профессии 197

Смирнова Т.Л.

Как микроэкономика помогает понять устройство мира..... 201

Раздел ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ПЕРЕРАБОТКА УПОРНЫХ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РУД С ПРИМЕНЕНИЕМ ФТОРИДНОЙ АКТИВАЦИИ

**Андреев В.А., Гулюта М.А., Молоков П.Б.,
Воронцов К.С., Головки В.В.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, Томская область, г. Северск, пр.Коммунистический, 65,

Одной из основных проблем при переработке руд Эльконского месторождения является значительное содержание в ней кремния в виде полевого шпата, кварца и силикатов, которые образуют прочные структуры с включениями минералов урана: браннерита, уранинита и др. Стандартные способы вскрытия таких руд, даже с применением окислителей, позволяют извлечь уран только на 60-70 %, что экономически нецелесообразно [1-3]. Видимо, необходимо разрушить силикатную структуру руды – провести ее «активацию», чтобы сделать уран более доступным для выщелачивания.

Проведенные нами ранее лабораторные исследования показали, что предварительная обработка измельченной руды Эльконского рудного района растворами бифторида аммония (БФА) позволяет разрыхлить и даже разрушить («активировать») прочные структуры минералов полевого шпата, кварца, силикатов с включениями браннерита, за счет удаления кремния в раствор (изменение массы руды, после обработки ее растворами БФА, достигает 30-50 %), делая минералы урана более доступными для выщелачивания [4].

В данной работе приведены результаты исследований по переработке упорных урансодержащих руд с применением активации, проведенных на укрупненной и усредненной партии руды.

Описание установки и методики проведения исследований по активации руды растворами $\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$ и выщелачиванию из нее урана

Исследование процесса переработки рудного концентрата проводили на пилотной установке по принципиальной схеме, представленной на рисунке 1.

Для проведения исследований процессов активации и выщелачивания использовали навески измельченного рудного концентрата массой 50 кг фракции минус 0,3 мм, состав которого приведен в таблице 1.

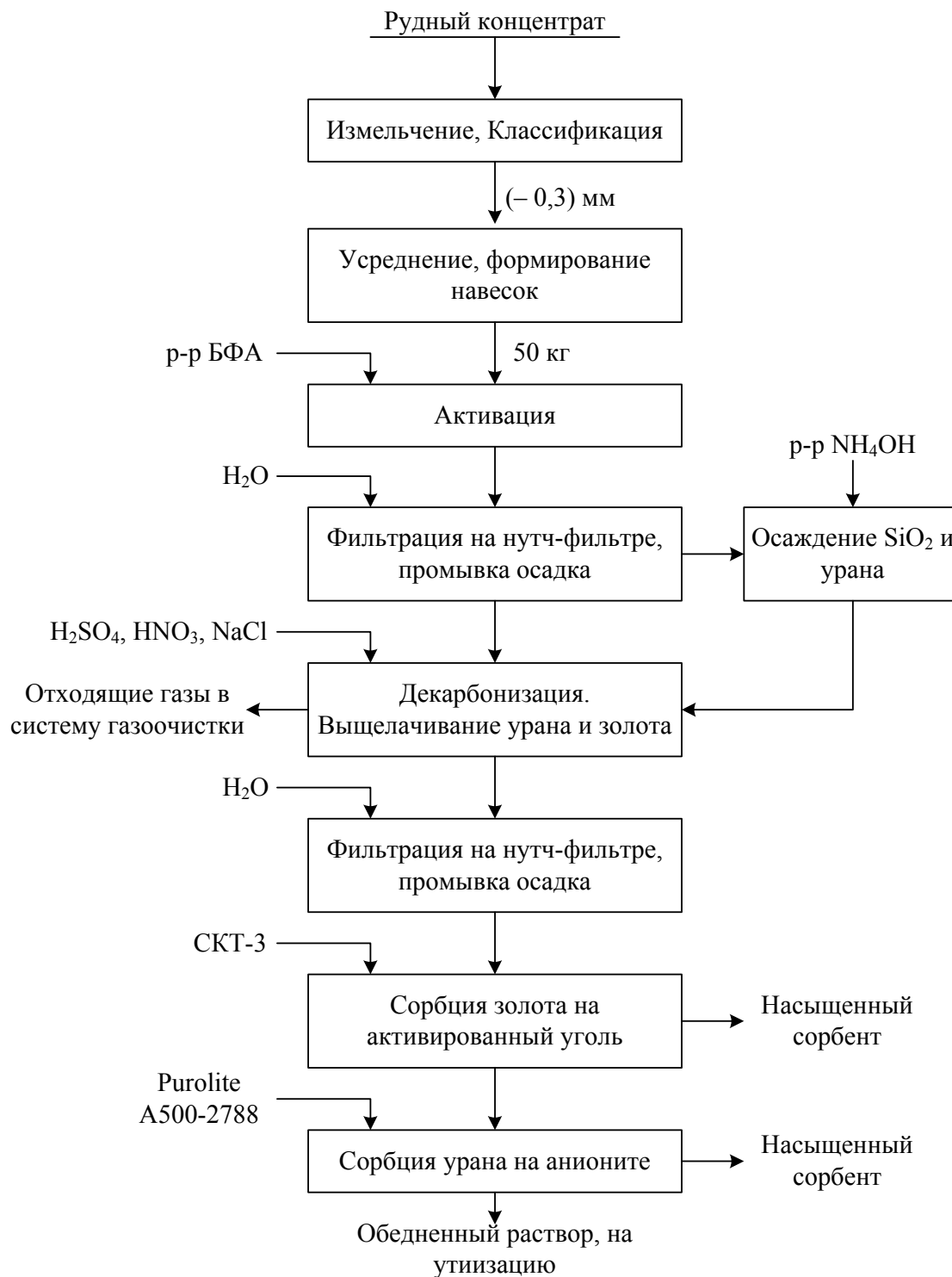


Рис. 1. Принципиальная схема проведения экспериментов на укрупненных партиях рудных концентратов

Таблица 1.

Химический состав исходного концентрата

Соединение/элемент	Содержание, %	Соединение/элемент	Содержание, %
SiO ₂	57,55	Na ₂ O	1,08
TiO ₂	1,50	K ₂ O	7,03
Al ₂ O ₃	12,12	CaCO ₃	7,65
Fe ₂ O ₃	4,34	CaF ₂	1,22
FeO	1,15	U	0,115
MnO	0,03	Au, г/т	0,76
CaO	5,16	Mo	<0,002
MgO	1,80	S _{общ}	2,07
P ₂ O ₅	0,22	SO ₄	0,15

Процессы активации и выщелачивания проводили в термостатированном реакторе объемом 0,1 м³ из легированной стали 12X18H10T, снабженном якорной мешалкой со скоростью вращения 70 об./мин.

В начале процессов активации или выщелачивания заливали в реактор требуемый объем воды, включали перемешивание и добавляли необходимые реагенты, то есть раствор готовили непосредственно в аппарате, затем постепенно засыпали в него концентрат. Далее включали подачу насыщенного пара в рубашку реактора и доводили температуру до заданной. Необходимо отметить, что процесс приготовления исходного раствора для выщелачивания и процесс декарбонизации являются экзотермичными, что приводило к первоначальному разогреву пульпы до 40°C и выше.

Продолжительность подготовительных операций составляла около 1 часа для процесса выщелачивания и около 20 минут для процесса активации и это время не учитывали в общей продолжительности экспериментов. За время начала опыта принимали момент выхода температуры пульпы на заданный уровень.

По окончании процесса активации или выщелачивания пульпу сливали порциями на нутч-фильтр, осадки промывали также на фильтре двукратным объемом воды. После процесса выщелачивания отмытую пульпу высушивали на лотках в сушильном шкафу при температуре 105°C и с помощью желобкового делителя проб уменьшали пробу до 200 г, которую и отправляли на анализ.

В случае проведения процесса активации кек после промывки собирали в промежуточную емкость и возвращали в реактор, при этом учитывали влажность полученного осадка при приготовлении раствора выщелачивания.

Растворы, полученные после выщелачивания и активации, анализировали на содержание урана, золота и других примесей.

Полученные данные и их обсуждение

Условия проведения экспериментов по активации и выщелачиванию рудных концентратов и усредненные по сериям опытов степени извлечения урана и золота при переработке концентрата в выбранных режимах, представлены в таблице 2.

Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что при выщелачивании рудных концентратов без процесса их активации степень извлечения урана даже при увеличенном расходе реагентов не позволяет достигнуть степени извлечения 70%. При проведении дополнительной стадии активации рудных концентратов раствором бифторида аммония степень извлечения урана в раствор увеличивается до 91,9–93,7% даже при минимальном расходе реагентов.

Растворы после выщелачивания и частично промывные воды после экспериментов объединили в полиэтиленовую емкость. В таблице 3 приведены результаты химического анализа объединенного (продуктивного) раствора, полученного после сернокислотного выщелачивания.

Таблица 2.

Условия проведения процессов активации и выщелачивания, а также степени извлечения урана и золота из рудного концентрата

№ опы- та	Условия активации				Условия выщелачивания						Степень извлечения, %	
	Т:Ж	t, °C	τ, час	Расход, г/кг руды	Т:Ж	t, °C	τ, час	Расход, г/кг руды			U	Au
				NH ₄ F·HF				H ₂ SO ₄	HNO ₃	NaCl		
1	Без активации				1:1	80	6	150	10	10	38,5	5,6
2	Без активации				1:1	80	6	300	20	10	66,2	31,1
3	1:1	80	1	10	1:1	80	6	150	10	10	91,9	51,9
4	1:1	80	1	10	1:1	80	6	300	20	10	93,7	52,3

Таблица 3.

Химический анализ продуктивного раствора

Компонент	pH	H ₂ SO ₄	U	Au	Ag	Fe
Концентрация	0,62 ед.	12,3 г/л	1,235 г/л	0,42 мг/л	0,12 мг/л	6,2 г/л

Полученный раствор использовали для проведения процесса сорбционного выделения золота и урана.

Сорбцию золота проводили непосредственно из продуктивного раствора на активированном угле марки СКТ-3. Объем сорбента составил 450 см³, скорость пропускания раствора – 10,2 дм³/сутки (22,6 об./об. сорбента в сутки).

За 14 суток через сорбент было пропущено около 150 дм³ продуктивного раствора. Во всех порциях маточника сорбции концентрация золота находилась на уровне 0,02 мг/л и менее, проскока золота добиться не удалось. По окончании процесса сорбции колонну с углем дренировали, промывали раствором серной кислоты с концентрацией 9,8 г/л, после чего сорбент высушивали. Среднее содержание золота на сорбенте составило 0,24 г/кг.

Далее в обеззолоченном растворе корректировали pH раствором NaOH до величины 2,0 и направляли раствор на сорбционное выделение урана. Сорбцию проводили на сорбенте PuroliteA-500/2788. Объем сорбента в колонне составлял 450 см³, скорость пропуска раствора – 1,8 дм³/сутки (4 об./об. сорбента в сутки). Результаты анализов приведены на рисунке 2.

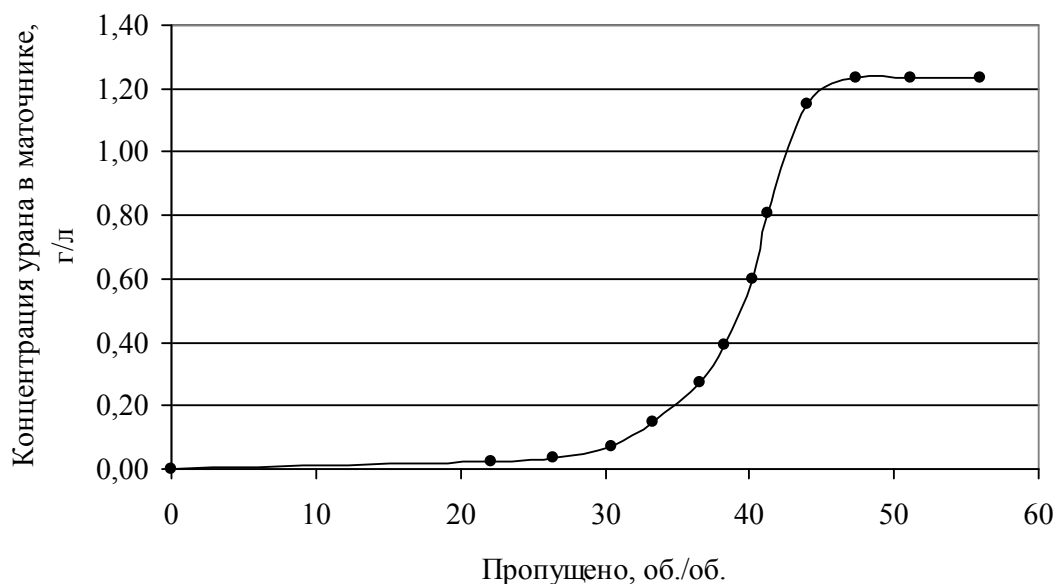


Рис. 2. Выходная кривая сорбции урана в динамическом режиме на сорбенте Purolite A-500

Из графика, представленного на рисунке 2, следует, что процесс сорбции урана на ионите Purolite A-500/2788 протекает достаточно эффективно. Так, при прохождении 20 объемов раствора через колонку со смолой в фильтрате сорбции уран не обнаружен, небольшие его количества появляются лишь при пропускании 22 объемов раствора. Насыщение сорбента по урану составило 172 г/кг.

Выводы

Из результатов проведенных испытаний процессов активации, выщелачивания, сорбционного выделения урана и золота из уран-золотосодержащих рудных концентратов Эльконского месторождения на пилотной установке с усредненной, укрупненной партией руды можно сделать следующие выводы:

– введение стадии активации рудных концентратов раствором бифторида аммония позволяет существенно увеличить степени извлечения урана и золота после выщелачивания в раствор, при этом расход БФА составляет 10%;

– выщелачивание урана из активированного концентрата проходит достаточно полно, при этом степень извлечения урана достигает 92-94%, золота на уровне 50% при продолжительности процесса выщелачивания 6 часов и расходе реагентов: серная кислота – 15%, азотная кислота – 1% и хлорид натрия – 1% к массе рудного концентрата;

– извлечение и разделение золота и урана из растворов выщелачивания можно проводить последовательно, вначале сорбировать золото на активированном угле, затем сорбировать уран на анионите. При этом выделение золота из продуктивных растворов выщелачивания эффективно осуществляется активированным углем марки «СКТ-3». Однако в виду низких концентраций золота в продуктивном растворе не удалось достигнуть насыщения сорбента. Процесс выделения урана осуществляется в динамическом режиме на анионите Purolite A-500, при этом достигнуто насыщение сорбента 172 г/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геолого-промышленные типы урановых месторождений стран СНГ. – М.: ВИМС, 2008. – 72 с.
2. Шумилкин С.В. Научно-методическое руководство по гидрометаллургической оценке урановых руд при разведке месторождений. – М.: ВИМС, 1979. – 98 с.
3. Уран России: Сборник докладов научно-технического совещания 20-21 ноября 2007 г., Москва, ФГУП «ВНИИХТ». – М.: ФГУП «ЦНИИ-АТОМИНФОРМ», 2008. – 228 с.
4. Андреев В.А., Буйновский А.С., Софронов В.Л. и др. Исследование активации упорных урансодержащих руд растворами бифторида аммония // Известия ВУЗов. Физика. –2012. –Т 55. –№2/2. – С.38-44.

КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИОКСИДА УРАНА И ФТОРОВОДОРОДА

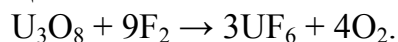
Ануфриева А.В., Галата А.А., Софронов В.Л., Буйновский А.С.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, Томская обл., г. Северск, пр. Коммунистический, 65, e-mail: VLSoifronov@mephi.ru

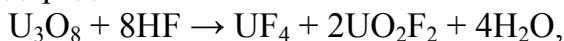
В статье рассмотрена кинетика гидрофторирования диоксида урана. Выбрана математическая модель, наиболее адекватно описывающая данный процесс, и определены его основные кинетические параметры.

В настоящее время все больше внимания уделяется разработке неводных методов переработки оксидов урана до гексафторида. В США и Англии гексафторид получают по классической схеме: восстановление чистых высших оксидов до диоксида, обработка диоксида газообразным фтороводородом до тетрафторида и фторирование тетрафторида элементарным фтором с получением гексафторида урана. Исходным сырьем для получения оксидов, как правило, является раствор уранил-нитрата.

Получение гексафторида урана в промышленных условиях осуществляют и путем прямого фторирования октаоксида триурана элементарным фтором по реакции:

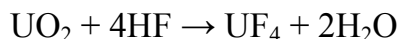


Возможно удешевление этого процесса путем введения дополнительной операции – обработки смешанного оксида урана газообразным фтороводородом:

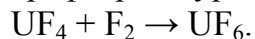


в результате чего получается смесь уранилфторида и тетратфорида урана, которая потом отправляется на фторирование. Эта операция приводит к экономии фтора в 1,8 раза, поэтому нами была исследована кинетика процесса гидрофторирования U_3O_8 газообразным HF [1].

Также возможно получение гексафторида урана путем гидрофторирования диоксида урана с помощью газообразного фтороводорода:



и последующего фторирования тетрафторида урана элементарным фтором:



В этом случае достигается максимальная экономия газообразного фтора (в 3 раза) и значительного удешевления процесса.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость исследования кинетики процесса гидрофторирования диоксида урана.

Исследования кинетики процесса гидрофторирования на установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 1. Регулирование расхода газа с постоянным содержанием фтороводорода производили путем изменения мощности электронагревателя узла испарения HF.

Взаимодействие HF с UO_2 происходило в карбидокремниевой печи 1. Контроль температуры нагрева печи проводили с помощью платино-платинородиевой термопары 3. Кинетику гидрофторирования UO_2 изучали при постоянной температуре навески. Порошок диоксида урана засыпали в тигель 4, установленный на держателе 2 (материал тигля – оксид алюминия, не взаимодействующий с UO_2). В ходе экспериментов одновременно фиксировали температуру и массу образцов. После начала процесса температура повышалась за счет экзотермичности реакции и поддерживалась на этом уровне.

Исследования кинетики гидрофторирования порошка диоксида урана проводили с пятью образцами. Все образцы были получены восстановлением порошков триоксида урана и октаоксида триурана водородом в лабораторных условиях [2, 3]. В зависимости от температуры восстановления оксидов урана получался продукт с различным значением кислородного коэффициента n_k от 2,1 до 2,3: образец I – $\text{UO}_{2,10}$, образец II – $\text{UO}_{2,15}$, образец III – $\text{UO}_{2,20}$, образец IV – $\text{UO}_{2,25}$, образец V – $\text{UO}_{2,30}$. Начальная масса образцов диоксида урана составляла 0,1-0,25 г, а их удельная поверхность 0,3-0,4 $\text{м}^2/\text{г}$ адсорб.; насыпная масса – 4,2-4,6 $\text{г}/\text{см}^3$.

Степень фторирования материала α (% мас.) рассчитывали по массе поглощенного материалом фтороводорода, которую определяли по экспериментальным данным зависимости давления HF от времени и контрольного взвешивания полученных фторидов металлов.

Полученные в результате экспериментов данные для образца V изображены графически на рис. 2. В температурном интервале 300-450 °C при увеличении температуры скорость процесса фторирования увеличивается. При 400 °C скорость

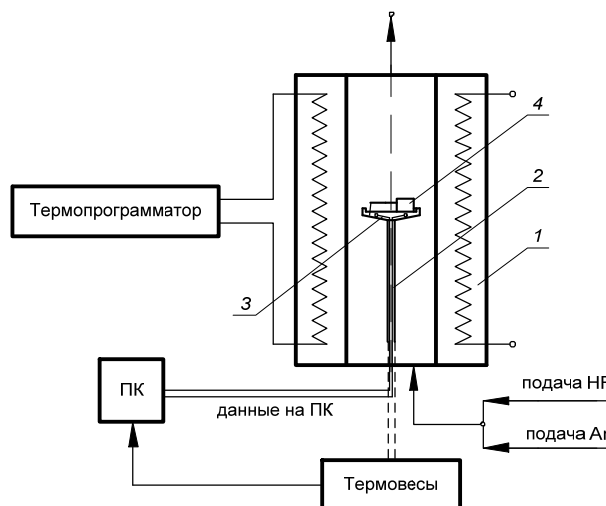


Рис. 1. Принципиальная схема прибора NETZSCH STA 409: 1 – карбидокремниевая печь; 2 – держатель; 3 – платино-платинородиевая термопара; 4 – тигель с навеской UO_2

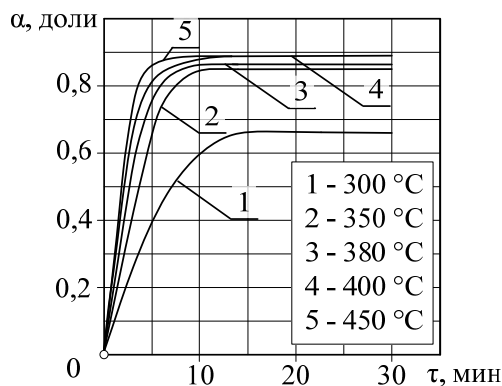


Рис. 2. Зависимость степени фторирования образца V от продолжительности процесса при различных температурах

гидрофторирования наибольшая, и максимально достигаемая степень гидрофторирования составляет 89 %; дальнейшее повышение температуры процесса (выше 450 °С) не приводит к увеличению степени гидрофторирования. Гидрофторирование образцов I-IV протекает таким же образом.

Процессы гидрофторирования оксидов урана следует отнести к гетерогенным. В общем случае взаимодействие между реагентами в гетерогенных системах типа твердое-газ-твердое может быть представлено, как стадия начального превращения, стадия транспорта и образование конечного продукта [1-5].

Эти основные стадии могут быть разделены на подобласти в зависимости от того, какое явление (стадия) конкретно будет лимитирующим. Каждой стадии соответствует определенная математическая модель, поэтому выбор модели, адекватно описывающей данный процесс, зачастую представляет наибольшую трудность при исследовании кинетики гетерогенных процессов. Обработку экспериментальных данных по кинетике гидрофторирования проводили с использованием уравнений сокращающихся поверхностей и уравнения Ерофеева (кинетическая область), уравнения Кранка-Гинстлинга-Броунштейна (внешнекинетическая область), уравнения Яндера (диффузионная область) [5-6]. Во всех моделях в том или ином виде учитываются проницаемые свойства образующихся на исходных материалах пленок фторидов.

Применимость описанных выше уравнений для описания механизма фторирования определяли по максимальному коэффициенту корреляции зависимостей $k = f(\alpha, \tau)$ для каждого исследуемого формального кинетического уравнения.

При обработке экспериментальных данных по различным математическим моделям установили, что наименьшая ошибка при определении кинетических параметров образцов наблюдается при использовании уравнения Яндера, коэффициент корреляции составил 0,97.

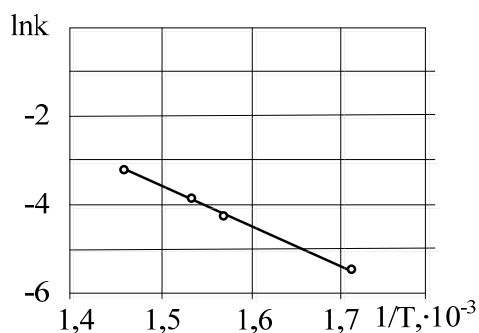


Рис. 3. Зависимость $\ln k$ от обратной температуры

График зависимости логарифма найденных констант скорости реакции от обратной температуры для образца V приведен на рис. 3. График зависимости $\ln k = f(1/T)$ представляет собой практически прямую линию, то есть с изменением температуры в выбранном интервале кинетические параметры процесса изменяются незначительно.

По экспериментальным данным определили кажущуюся энергию

активации процесса и предэкспоненциальный множитель для гидрофторирования образца V. Фторирование образцов $UO_{(2+x)}$ с различным содержанием кислорода газообразным фтороводородом протекает в диффузионной области реагирования и в интервале температур 300-450 °С описываются уравнениями:

$$\begin{aligned}
 UO_{2,10} \left[\frac{1}{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}} \right]^2 &= 8,6 \cdot \tau \cdot e^{-\frac{68600 \pm 5500}{RT}}, \\
 UO_{2,15} \left[\frac{1}{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}} \right]^2 &= 7,5 \cdot \tau \cdot e^{-\frac{62800 \pm 5000}{RT}}, \\
 UO_{2,20} \left[\frac{1}{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}} \right]^2 &= 6,9 \cdot \tau \cdot e^{-\frac{53000 \pm 6000}{RT}}, \\
 UO_{2,25} \left[\frac{1}{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}} \right]^2 &= 4,7 \cdot \tau \cdot e^{-\frac{36700 \pm 5400}{RT}}, \\
 UO_{2,30} \left[\frac{1}{1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{3}}} \right]^2 &= 3,7 \cdot \tau \cdot e^{-\frac{33600 \pm 5800}{RT}}.
 \end{aligned}$$

Так как процесс гидрофторирования лимитируется в основном диффузионными процессами подвода и отвода газообразных реагентов через образующуюся твердую пленку UF_4 , для интенсификации процесса в производственных условиях рекомендуется использовать сырье как можно более тонкого измельчения, а сам процесс гидрофторирования проводить при интенсивном перемешивании продуктов или в вертикальных аппаратах в режиме стесненного падения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриева А.В., Галата А.А., Софронов В.Л. и др. Исследование кинетики процесса гидрофторирования U_3O_8 / Известия ВУЗов. – 2012. – Т. 55, № 2/2. – С. 14-18.
2. Софронов В.Л., Буйновский А.С., Сидоров Е.В. и др. Исследование кинетики восстановления U_3O_8 водородом в неизотермических условиях / Известия ТПУ. – 2010. – №3, Т.316.– С. 36-39.
3. Сидоров Е.В., Софронов В.Л. Исследование кинетики восстановления U_3O_8 водородом и аммиаком в неизотермических условиях / Химия в интересах устойчивого развития.– 2011. – Т. 19., № 3. – С. 339-343.
4. Mining Annual Review. Mineral Commodity Summaries. – 2002. – P. 132-133.
5. Щербаков В.И., Зуев В.А. Кинетика и механизм фторирования соединений U, Pu и Np фтором и галогенфторидами. – М.: Энергоатом, 1985. – 128 с.
6. Пилюян Г.О. Введение в теорию термического анализа. – М.: Наука, 1964. – 380 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ КАТОДНОГО ГАЗА ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЗ ОАО «СХК»

Баженов Д.А., Борисюк Е.В., Дамм Ю.П.,

Мурлышев А.П., Орехов И.А.

ОАО «СХК», 636039, Томская область, ЗАТО Северск, ул.Курчатова 1,
SHK@seversk.tomsknet.ru.

Актуальность темы.

На СЗ в электролизном производстве наряду с основным продуктом фтором образуется водород, который может рассматриваться в качестве перспективного восстановителя октаоксида триурана до диоксида. Необходимость восстановления октаоксида триурана до диоксида обусловлена перспективой использования диоксида для целей гидрофторирования, поскольку в этом случае получается наиболее фторированный полупродукт (до 24 % масс. по фтору). Основной примесью водорода СЗ является HF, содержание которого оценивается на уровне 8 % об. Фторид водорода оказывает депрессирующее влияние на процесс восстановления, поскольку при температурах восстановления 500-600 °С протекают конкурирующие реакции окисления двуоксида урана и октаоксида триурана до тетрафторида и уранилфторида. Помимо депрессирующего влияния, примесь HF оказывает коррозионное воздействие на оборудование и коммуникации.

Согласно существующей технологии, катодный газ проходит двухступенчатую абсорбционную очистку, после чего выбрасывается в атмосферу.

В рамках данной НИР были поставлены следующие цели:

1. Провести анализ состава катодного газа, на основании которого оценить эффективность работы абсорберов в системе очистки катодного газа.
2. Провести расчет массообменных характеристик существующих абсорбционных колонн и оценить эффективность их работы. Исследовать влияние параметров работы абсорберов на эффективность абсорбционной очистки.
3. Оценить эффективность применения адсорбционной очистки катодного газа от фторида водорода в качестве возможной дополнительной стадии.

Анализ состава катодного газа.

Для оценки эффективности существующей на СЗ абсорбционной очистки катодного газа был создан пробоотборный узел, позволяющий

получать пробы КГ до очистки, после первой и второй стадии очистки. Узел пробоотбора КГ позволял осуществлять отбор проб для выполнения количественного химического анализа в соответствии с методикой выполнения измерений содержания фтористых соединений потенциометрическим методом, а также отбор проб для выполнения качественного анализа методом ИК-спектromетрии.

Всего в ходе проведения исследований было выполнено 16 серий отбора проб КГ для определения содержания в нем HF с помощью химического анализа. Результаты измерений показали следующее: значения концентрации фторида водорода в катодном газе имеют достаточно широкий диапазон измерений. При этом более 50 % измерений концентрации HF в катодном газе приходится на диапазон от 7 до 13 % об. Среднее значение концентрации HF в катодном газе до абсорбционной очистки составило 9,3 % об., что удовлетворительно соотносится с оценочной величиной содержания HF в катодном газе (около 8 % об.), полученной по анализу фтористоводородной кислоты, образующейся в результате абсорбции. Несоответствие величин может быть объяснено неэффективной абсорбционной очисткой катодного газа и, как следствие, неполному удалению HF из катодного газа в результате абсорбции, а также погрешностью анализа. Экспериментально найденное значение концентрации HF после абсорбционной очистки составило 3,47 % об.

Следует отметить, что в результате абсорбционной очистки катодного газа содержание фторида водорода в нем снижается на первой стадии в 1,8 раза, на второй стадии – в 1,5 раза. Коэффициенты очистки имеют близкие значения, причем на второй стадии коэффициент очистки меньше вследствие меньшего значения движущей силы массопередачи, которая определяется концентрацией фторида водорода в катодном газе, подаваемом в абсорбер.

При выполнении работы периодически проводился отбор проб КГ газа для выполнения анализа методом ИК-спектromетрии. Поскольку отсутствуют методики выполнения количественных измерений состава примесей КГ обработка спектральных данных осуществлялась качественно.

Из полученных спектральных данных следует, что в спектрах катодного до очистки присутствуют пики характеристических полос поглощения HF и отсутствуют в спектрах после очистки. Характеристические полосы поглощения паров воды присутствовали в спектрах до и после очистки, при этом интенсивность пиков паров воды после абсорбционной очистки возрастает. По величинам оптических плотностей характеристических полос поглощения было определено, что содержание паров воды в катодном газе после абсорбционной очистки увеличивается на 15%.

Расчет массообменных характеристик существующих абсорбционных колонн и оценка эффективности их работы.

Была поставлена следующая задача – рассчитать абсорбер для улавливания HF из катодного газа водой при следующих условиях:

1) Производительность по газу при нормальных условиях $V_0 = 300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2) Концентрация фторида водорода в катодном газе при нормальных условиях:

- на входе газа в абсорбер $y_n = 10 \text{ \% об.}$;
- на выходе газа из абсорбера $y_k = 1 \text{ \% об.}$

3) Концентрация HF в подаваемой в абсорбер воде равна $x_n = 0 \text{ \%}$.

4) Абсорбция изотермическая, средняя температура потоков в абсорбере, $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

5) Давление газов на входе в абсорбер, $P = 20 - 30 \text{ мм вод. ст.}$

Цель расчета заключалась в определении необходимой поверхности массопередачи для обеспечения требуемой концентрации HF на выходе из абсорбера.

В ходе расчета были определены следующие массообменные характеристики: движущая сила абсорбции, коэффициенты диффузии HF в H_2 и H_2O , критерии Рейнольдса для газовой фазы и стекающей по насадке пленки жидкости, диффузионные критерии Прандтля для газовой фазы и жидкости, коэффициенты массоотдачи в газовой и жидкой фазах, коэффициент массопередачи, поверхность массопередачи и высота слоя насадки при заданном диаметре абсорбера.

Расчет показал, что для достижения конечной концентрации HF в КГ на уровне $1 \text{ \% об.}$ требуется поверхность массопередачи около 39 м^2 и высота насадочного слоя $3,44 \text{ м}$. В соответствии с конструкторской документацией высота насадочного слоя составляет $2,2 \text{ м}$, поэтому на следующем этапе была рассчитана ожидаемая концентрация HF в КГ после абсорбционной очистки при заданной высоте слоя насадки в сравнении с экспериментальными данными. Расчет показал, что при высоте слоя насадки $2,2 \text{ м}$ расчетная концентрация HF после абсорбции составляет $2,9 \text{ \% об.}$, что удовлетворительно соотносится с ранее определенным экспериментальным значением $3,47 \text{ \% об.}$ Расчетным путем и экспериментально показано, что существующая абсорбционная очистка не позволяет получить на выходе концентрацию HF в КГ менее $3 \text{ \% об.}$ В этой связи была определена зависимость расчетной высоты слоя насадки от концентрации HF в КГ после абсорбционной очистки. Зависимость имеет нелинейный характер аппроксимируемой степенной функцией, т.е. чем ниже величина концентрации HF в КГ, тем значительно большая высота слоя насадки требуется. Например, для снижения концентрации HF

в катодном газе от 2,9 до 0,1 % об. требуется увеличение высоты слоя насадки от 2,2 до 6,8 м, т.е. более чем в 3 раза.

Возможным изменяемым параметром абсорбции может рассматриваться температура. В расчете температура абсорбции составляла 30 °С, что является регламентной величиной. Зависимость расчетной высоты слоя насадки от температуры абсорбции имеет слабовыраженный нелинейный характер. При уменьшении температуры абсорбции изменяются физико-химические свойства компонентов (температура, плотность, вязкость, коэффициент диффузии), что в конечном итоге приводит к снижению коэффициента массопередачи и, следовательно, к увеличению расчетной высоты слоя насадки. В частности, изменение температуры от 20 °С до 40 °С приводит к снижению расчетной высоты насадочного слоя не более чем на 15 %.

Была проведена оценка эффективности применения различных типов и размеров насадки. Проведенные расчеты показали, что при замене существующей насадки на другие насадки меньшего размера (кольца Рашига 25×25×5, седла Берля 25 мм, седла «Инталокс» 25 мм) возможно увеличение эффективности колонны на 20-25 %. Замена существующей насадки на другие того же размера (кольца Палля 50×50×5, седла «Инталокс» 50 мм) не приведет к существенному увеличению эффективности работы колонн.

Оценка эффективности применения адсорбционной очистки катодного газа от фторида водорода в качестве возможной дополнительной стадии.

На основании проведенного анализа существующих методов очистки КГ от HF, а также имеющихся возможностей, представляет интерес исследование адсорбционной очистки катодного газа от фторида водорода на следующих поглотителях (сорбентах): ХПИ, таблетированный фторид лития и мерсеризованная древесина (МД). Оценка эффективности применения таблетированного фторида лития рассматривалось для пониженных температур сорбции, поскольку понижение температуры сорбции эффективно сказывается как на емкости сорбента, так и на степени улавливания фторида водорода из газовой смеси. Для оценки возможности применения адсорбции для доочистки катодного газа от фторида водорода был создан сорбционный узел.

На основе проведенных исследований можно констатировать следующее. Наилучшей эффективностью из рассмотренных поглотителей (сорбентов) для доочистки катодного газа от фторида водорода обладает ХПИ для которого коэффициент очистки составил 2,21. При этом ХПИ обладает достаточно высокой теоретической емкостью 0,66 гHF/гХПИ.

Для фторида лития коэффициент очистки составил 2,04. При снижении температуры сорбции от 15 °С до минус 5 °С на фториде лития в экспериментах было отмечено увеличение коэффициента очистки не более чем на 15 %. Экстраполяция теоретических данных показала, что при изменении температуры сорбции от 15 °С до минус 5 °С, можно ожидать снижение остаточного содержания HF в катодном газе более чем в 2 раза. Полученные в экспериментах расчетные значения давления пара HF над комплексом LiF·HF оказались завышены относительно теоретических значений. Такое несоответствие, на наш взгляд, связано в основном с динамическим характером протекания процесса и недостаточностью времени контакта в эксперименте для эффективной сорбции. Недостаточность времени контакта связано с наличием в газовой смеси разбавителя водорода, который препятствует диффузии HF к активным центрам сорбции на поверхности сорбента.

Для МД был получен наихудший коэффициент очистки - 1,87, при этом, на основе литературных данных ожидалась максимальная степень очистки (на уровне 99,8 %). Несоответствие с литературными данными связано с динамическим характером сорбции и присутствием в значительном количестве водорода в газовой смеси который выступает в качестве разбавителя.

Основные выводы по работе. Научная и практическая значимость работы.

1. Экспериментально определены концентрации HF в КГ до и после абсорбционной очистки. До абсорбционной очистки концентрация HF в КГ составила около 9 % об., после абсорбционной очистки – 3,47 % об., что указывает на недостаточность существующей схемы очистки КГ.

2. Определены коэффициенты очистки КГ от HF на каждой стадии абсорбционной очистки: на первой стадии коэффициент очистки равен 1,8; на второй – 1,5. Коэффициенты очистки имеют близкие значения, причем на второй стадии коэффициент очистки меньше вследствие меньшего значения движущей силы массопередачи.

3. Проведен расчет массообменных характеристик существующих абсорбционных аппаратов и оценена эффективность их работы. Показано, что при существующих параметрах работы абсорбционных колонн расчетная концентрация HF на выходе должна составлять 2,88 % об., что удовлетворительно соотносится с экспериментальными значениями 3,47 % об. Показано, что зависимость расчетной высоты слоя насадки от концентрации HF в КГ после абсорбционной очистки описывается степенной функцией, следовательно для снижения концентрации HF в КГ ниже 1 % об. требуется значительное увеличение высоты слоя насадки.

4. Расчетами показано, что замена существующей насадки на другие насадки меньшего размера приведет к увеличению эффективности колонны на 20-25 %. Замена существующей насадки на другие того же размера не приведет к существенному увеличению эффективности работы колонн.

5. Проведена оценка эффективности адсорбционной доочистки КГ на следующих поглотителях (сорбентах): ХПИ, таблетированный LiF (при температурах сорбции около 0 °С) и мерсеризованная древесина. Экспериментально показано, что наилучшей эффективностью для доочистки КГ от HF обладает ХПИ, для которого коэффициент очистки составил 2,21. В качестве сорбента для доочистки КГ может рассматриваться LiF (коэффициент очистки 2,04), учитывая его регенерируемость и возможность многократного использования.

6. На основании выполненных исследований предлагаются следующие технологические решения по оптимизации технологии очистки катодного газа:

- увеличение высоты насадочного слоя абсорбционных колонн до 6-7 м, т.е. увеличение числа абсорбционных колонн при заданных высоте и диаметре колонн;
- дооснащение узла очистки катодного газа адсорбционной колонной с ХПИ или LiF в качестве поглотителя HF;
- дооснащение узла очистки катодного газа колонной с цеолитом для удаления влаги из катодного газа.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА ИЗ ЦИАНИДНЫХ РАСТВОРОВ С ПОМОЩЬЮ НОВЫХ АНИОНИТОВ

Буйновский А.С., Молоков П.Б., Завалюев А.С.

СТИ НИЯУ МИФИ, г. Северск пр-т Коммунистический, 65,

E-mail: zas_85@inbox.ru

В статье рассмотрено исследование сорбционного извлечения золота и серебра из цианистых растворов с помощью нового анионита марки Тулсион А-3ХМП. Получены данные по сорбции золота и серебра из цианистых растворов и десорбции цианидных комплексов золота и серебра с исследуемого сорбента.

На золотодобывающих предприятиях России в технологии извлечения золота и серебра применяют в основном анионит марки АМ-2Б. Единственным производителем и поставщиком данной марки анионита является Украина. Чтобы снять зависимость от единственного поставщика, возникает необходимость в исследовании других анионитов применяемых в технологии извлечения золота и серебра.

Целью данной работы являлось исследование основных характеристик анионита марки Тулсион А-3Х МП. В процессе исследования проводилось сравнение исследуемого анионита с применяемым в настоящее время анионитом марки АМ-2Б. Данный анионит марки Тулсион А-3Х МП применяется для деминерализации воды в процессе водоподготовки. Физическая структура полимерной матрицы выбранного анионита является макропористой, аналогично для анионита марки АМ-2Б.

Основные исследуемые характеристики анионита:

- Гранулометрический состав;
- Механическая прочность;
- Осмотическая прочность;
- Сорбционные свойства;
- Десорбционные свойства.

Условия проведения и результаты испытания по гранулометрическому составу.

Данное испытание проводили по методике согласно ГОСТ 10900-84. Для определения гранулометрического состава проба анионита массой 200г была помещена в стакан и залита дистиллированной водой для набухания в течение 1 часа [1]. Далее рассев по классам был произведен на ситовом анализаторе. Результаты испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты гранулометрического состава анионита

Класс, мм	Содержание, %
2,0	0,0
-2,0 ÷ +0,8	99,8
-0,8 ÷ +0,63	0,1
-0,63	0,1
Итого:	100

Условия проведения и результаты испытания по механической прочности.

Определение механической прочности анионита проводили по стандартной методике (в шаровой мельнице) согласно ОСТ 95.291-86. Для проведения испытания по механической прочности была выделена рабочая фракция анионита, пробу которой загрузили в шаровую мельницу. Измельчение анионита проводили в течение 4 часов. Результаты испытания по механической прочности представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты механической прочности анионита

№ испытания	σ , %
1	97,8
2	98,0
Среднее	97,9

Полученные результаты по первым двум испытаниям для исследуемого анионита соответствуют предъявляемым требованиям в технологии извлечения золота и серебра [2].

Условия проведения и результаты испытания по осмотической прочности.

Для проведения испытания по осмотической прочности были отобраны образцы исследуемого нами анионита и для сравнения анионита марки АМ-2Б. Испытание состояло из 45 циклов. Один цикл состоял из следующих операций: обработка раствором H_2SO_4 (30 г/л) – 2 часа; обработка H_2O – 30 минут; обработка раствором $NaOH$ (60 г/л) – 2 часа; обработка H_2O – 30 минут. По окончании каждого цикла проводили ситовый анализ, то есть определяли выход класса -0,63мм. Осмотическая прочность для анионита марки Тулсион А-3Х МП составляет 89,4% и для анионита марки АМ-2Б – 85,4%.

Исследование сорбционных свойств анионита.

Для исследования сорбционных свойств анионита марки Тулсион А-3Х МП и АМ-2Б были использованы технологические цианидные растворы. Концентрация золота в растворе была доведена до 20 мг/л с помощью модельного раствора золота. Для исследования были выбраны образцы анионита прошедшие 45 циклов испытания на осмотическую прочность. Исследования сорбционного извлечения золота и серебра проводили в статическом режиме при следующих условиях: концентрация в растворе – Au – 20,0 мг/л, Ag – 7,0 мг/л, Zn – 4,2 мг/л, Ni – 2,5 мг/л, Cu – 8,7 мг/л, Fe – 58 мг/л, Co – 1,0 мг/л, NaCN – 250 мг/л; pH раствора – 10,2; время проведения испытания – 72 ч.

По окончании эксперимента были построены изотермы сорбции золота и серебра для исследуемого анионита и анионита марки АМ-2Б.

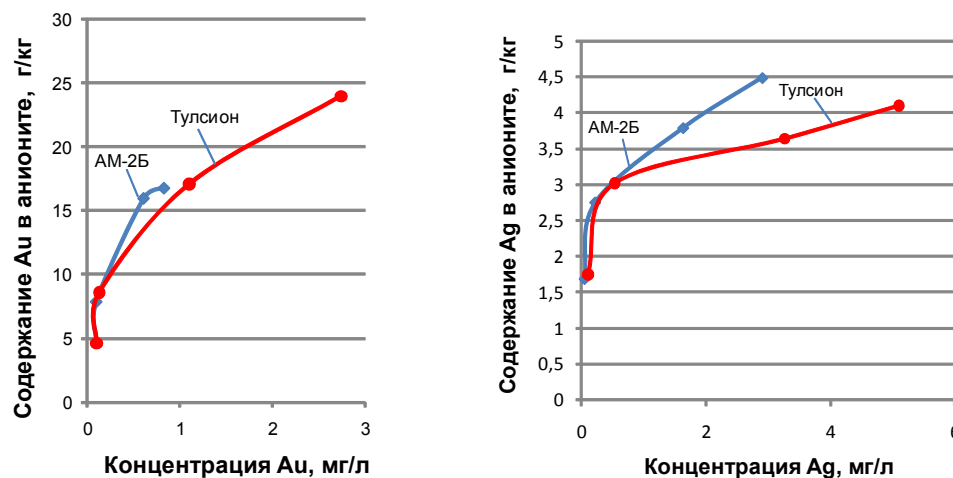


Рис. 1. Изотермы сорбции золота и серебра для анионитов марки АМ-2Б и Тулсион А-3ХМП

Как видно из рисунка построенные изотермы сорбции золота носят выпуклый характер, что свидетельствует о высокой селективности исследуемых анионитов по отношению к цианидным комплексам золота.

Исследование десорбционных свойств анионита.

Предварительно перед испытанием было проведено насыщение двух образцов анионитов. Исследования десорбции золота и серебра проводили в статическом режиме при температуре 60°C двумя способами: раствором 30г/л H_2SO_4 и 90г/л $CS(NH_2)_2$; раствором 20г/л NaCN + 5г/л NaOH. Испытание по десорбции золота и серебра включало в себя 4 цикла. Время одного цикла составило 2 часа. По окончании каждого цикла богатый элюат был заменен на свежий элюирующий раствор. На следующем

рисунке 2 представлены кривые десорбции золота и серебра двумя способами.

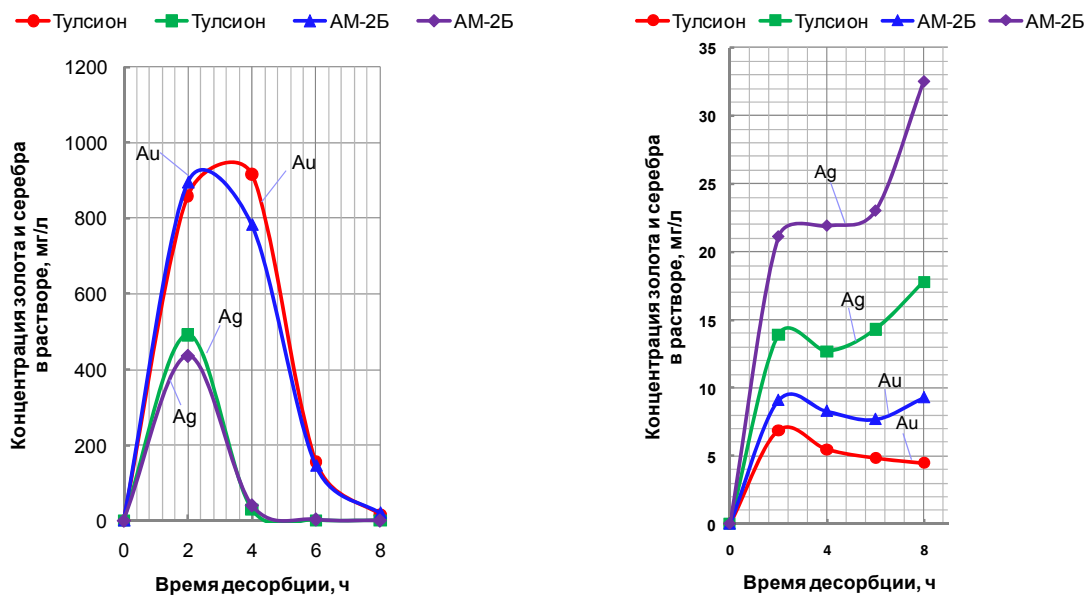


Рис. 2. Кривые десорбции золота и серебра двумя различными растворами

Как видно из рисунка исследуемые аниониты способом №1 полностью десорбируют золото и серебро при данных условиях эксперимента. На основании полученных кривых элюирования золота и серебра щелочным раствором цианида натрия, можно сделать вывод, что данный элюирующий раствор в условиях эксперимента не эффективен.

Таким образом, в ходе данной работы можно сделать вывод о том, что анионит марки Тулсион А-3Х МП является аналогом анионита марки АМ-2Б и пригоден для извлечения золота и серебра в цианистой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полянский Н.Г., Горбунов Г.В., Полянская Н.Л.. Методы исследования ионитов. – М.: Химия, 1976. – 208 с.
2. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С.. Металлургия благородных металлов. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с.

ПЕРЕРАБОТКА ШАХТНОГО МЕТАНА ГАЗОГИДРАТНЫМ МЕТОДОМ

Гузеев В.В., Нерадовский А.В.

СТИ НИЯУ «МИФИ», ТФ, кафедра ХитМСЭ

Метан является одним из основных видов парниковых газов, который за столетний период способен удерживать тепло в атмосфере в двадцать один раз больше, чем углекислый газ. В течение последних двух столетий концентрация метана в атмосфере Земли увеличилась более чем вдвое. В основном это произошло в результате добычи угля.

При подземном способе разработки влияние на экологию геосистемы угольных регионов оказывают выбросы метана в атмосферу в процессе дегазации шахт. Общее количество метана, выбрасываемого в атмосферу угольными предприятиями, сравнимо с добычей газодобывающей промышленности. В связи с этим попутная добыча метана становится приоритетной задачей.

Если в шахте выделение метана составляет 10 м^3 на 1 т угля, то при добыче 2000 т/сут из забоя поступит 20 тыс. м^3 метана. Согласно Правилам безопасности в забое концентрация метана не должна превышать 1%. В таком случае надо подавать $2800 \text{ м}^3/\text{мин}$ свежего воздуха. Для полноценной работы передовых бригад потребуется 8-10 тыс. $\text{м}^3/\text{мин}$ свежего воздуха. Таким образом, назревает задача коренного пересмотра существующих технологий добычи угля.

Применение метана как альтернативного вида топлива для автомобилей в пять-десять раз уменьшает выбросы углеводородных соединений, а также позволяет полностью исключить попадание в атмосферу вредных для здоровья сажи и свинца. Применение метана экономически выгодно и экологически целесообразно. Сейчас в мире уже много автомобилей, использующих шахтный метан как аналог дизелю и бензину.

Все виды топлива (нефть, природный газ, уголь, сланцы и торф) относятся к категории не возобновляемых ресурсов, а вместе с тем расход (потребление) их находятся на относительно высоком уровне.

Одновременно с этим необходимо подчеркнуть, что топливные ресурсы, на добычу которых расходуются большие средства, теряются на стадиях добычи, транспорта, хранения и сжигания. По этим причинам проблема снижения потерь, не возобновляемых энергетических ресурсов и рационального их использования, становится все более актуальной. В этой связи поиск дополнительных источников, дающих возможность экономить традиционные виды топлива, является необходимым и вполне своевременным. К таким дополнительным ресурсам следует отнести шахтный метан-газ, содержащийся в угольных пластах и окружающих

породах. Попутно заметим, что запасы природного газа составляют 47,8 трлн. куб.м. В ныне отрабатываемых угольных пластах Донецкого, Кузнецкого и Печорского бассейнов содержится от 20 до 100 куб. м метана на 1 куб.м. В среднем по угольной промышленности России на каждую тонну добываемого сейчас угля выделяется 20 куб. м метана, теплота сгорания, которого составляет 8400 ккал/куб.м. В этом случае 1 куб. м метана соответствует 1,2 кг условного топлива.

Следует отметить, что содержание горючих газов в угольных пластах зависит от глубины отработки запасов и возрастает по мере ее увеличения. Это приводит к росту интенсивности и объемов выделения газов в горные выработки. Так, в некоторых метанообильных шахтах России на глубинах свыше 500-600м выделение метана достигает от 150 до 700 тыс. куб.м в сутки (“Чертинская”, “Воркутинская”, “Северная” и др.). Шахтный метан, содержащийся в угольных пластах и окружающих их породах, извлекается на поверхность вакуумнасосными станциями через специально пробуренные скважины, а из шахтного пространства выбрасывается в атмосферу через вентиляционную систему.

Рассматривая экономический аспект утилизации шахтного метана, следует также отметить и такое положительное последствие, как влияние этого направления рационального использования угольных ресурсов на улучшение результатов работы угледобывающих предприятий. В этом случае должно произойти снижение себестоимости добычи угля. Это достигается в результате того, что общепроизводственные затраты на добычу будут распределяться между двумя видами продукции: углем и шахтным метаном.

Утилизация шахтного метана позволит снизить себестоимость добычи угля на шахтах в зависимости от конкретных условий на 3-4%. Кроме того, это положительно скажется и на других показателях хозяйственной деятельности угледобывающих предприятий. Во-первых, увеличится масса прибыли на единицу продукции, поскольку возрастает разница между существующей ценой и себестоимостью добычи угля или, что одно и то же – снизятся убытки и, во-вторых, сократится расход первичного топлива (угля) на внутренние нужды, в результате чего соответственно возрастут угольные товарные ресурсы и стоимость их реализации.

Перспективным методом, решающим проблему дегазации шахт, является переработка метана в газовый гидрат. Гидрат газа представляет собой твердое соединение, в котором молекула газа, например, метана, оказывается заключенной в ячейку из молекул воды. Твердый гидрат метана при весьма умеренных давлениях (около 4 атм.) существует при положительных температурах (от 0 до +4 °С), что делает ненужным создание и обслуживание криогенных установок и существенно удешевляет процесс подготовки газа к хранению.

При переходе воды в гидратное состояние происходит увеличение ее удельного объема на 26-32%. Образующиеся при этом «пустоты» в ажурной решетке из молекул воды заполняются молекулами газа. При этом молекулы воды, размещаясь по всему объему гидрата, занимают объем, соответствующий их удельному объему при заданных давлениях и температуре. Молекулы газа занимают оставшийся «свободный» объем. Выполняется строгая зависимость между «внутренним» давлением газа и объемом, приходящимся на его долю. Это давление газа зависит от температуры, плотности, состава гидрата и свойств газа-гидратообразователя.

Сущность технологии заключается в откачке шахтного метана прямо из забоя и превращение его в газовый гидрат, который попадает в изотермическую емкость и прямо в ней транспортируется на поверхность. При этом воздух, откачиваемый вместе с природным газом, отделяется от него и возвращается в шахту. Таким образом можно существенно снизить затраты на вентилирование шахты и получить метан, который можно использовать для собственных нужд или продавать.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что:

- шахтный метан является крупным потенциальным источником энергетического топлива, запасы которого эквивалентны запасам природного газа.
- переработка шахтного метана газогидратным методом, обеспечит безопасные условия работы в шахтах, позволит решить проблемы эколого-экономического характера по таким направлениям, как снижение загрязнения окружающей среды, экономия первичного топлива на производство тепловой энергии в энергетических установках и снижение себестоимости добычи угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. - М.: Недра, 1992. - 236 с.
2. Бык С.Ш., Макогон Ю.Ф., Фомина В.И. Газовые гидраты. - М.: Недра, 1980. - 296 с.
3. Истомин В.А. О возможности перегрева гидратов природных газов и других водных кристаллических структур // Журнал физической химии. - 1999. - Т. 73. - № 11.

ПОЛУЧЕНИЕ ХИТОЗАНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ЗОЛОТА И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ковальская Я.Б., Зеличенко Е.А., Морозова А.С., Гурова О.А.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, Россия, г. Северск, пр. Коммунистический 65
yana-sti@bk.ru

В статье исследуются физико-химические свойства хитозансодержащих растворов и сорбционные свойства материалов, модифицированных хитозаном. Установлено, что полученные композиционные материалы проявляют анионообменные свойства. Показана возможность гранулирования хитозансодержащих сорбентов, перспективных для извлечения и концентрирования золота и других тяжелых и радиоактивных металлов.

Уникальные свойства хитина и хитозана представляют интерес для большого числа исследователей. Хитозан – аминосахарид, производное линейного полисахарида, макромолекулы которого состоят из случайно-связанных β -(1-4) D-глюкозаминовых звеньев и N-ацетил-D-глюкозамин. Основным источником получения биополимера – панцири ракообразных. Хитозан имеет уникальные свойства: он биосовместим, биodeградируем, нетоксичен и обладает бактерицидными свойствами [1].

Хитозан способен связывать ионы тяжелых и радиоактивных металлов и может быть использован в качестве сорбента для их извлечения, в том числе в составе композитов с различными материалами. Гранулы на основе хитозана могут использоваться в промышленности, при очистке воды, в продуктах биомедицины и в сельском хозяйстве. Вследствие этого закономерным является возрастающий интерес науки и промышленности к производству и использованию именно этого полимера природного происхождения.

В качестве сырья для получения модифицированных ионообменных материалов применялся высокомолекулярный хитозан со степенью деацетилирования 85%. Концентрация хитозана в растворах не превышала 1,5%, так как при более высокой концентрации полимера раствор становится желеобразным, затрудняя процесс формирования покрытия.

В качестве растворителя хитозана были взяты 40% и 70% уксусная и молочная кислоты. Исследования проводились в растворах с концентрациями хитозана от 0,1% до 1,5%. Покрытия, полученные электрохимическим осаждением на углеродное волокно, высушивались на воздухе при 40°C.

Образцы материалов, модифицированных хитозаном, были помещены в стандартный раствор золота на 24 часа. После сушки результаты рентгенофлуоресцентного анализа показали присутствие золота в составе

покрытий. Растворы после сорбции были проанализированы на остаточное содержание золота методом инверсионной вольтамперометрии.

Проведенные исследования позволяют сделать следующий вывод: хитозановое покрытие является анионообменником, так как золото находится в растворе в виде анионного комплекса. На рисунке 1 представлены пики золота после сорбции в идентичных условиях активированным углем и углеродным волокном, модифицированным хитозаном. Из полученных результатов следует, что углеродное волокно с хитозановым покрытием обладает лучшими сорбционными свойствами, чем активированный уголь. Кроме того, сорбционная емкость модифицированного углеродного материала значительно выше емкости активированного угля. Достаточно высокая сорбционная способность полученного сорбента объясняется в том числе и собственными сорбционными свойствами самого углеродного материала, усиливающимися при модифицировании хитозаном [2].

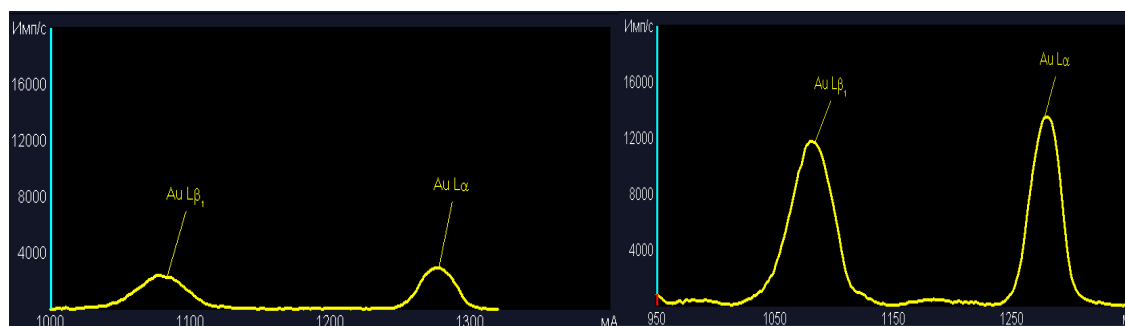


Рис. 1. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа после сорбции золота в идентичных условиях для угля БАУ и углеродного волокна, модифицированного хитозаном

В литературных источниках также описан способ анодного осаждения золота на пористые объемные углеродные сорбенты [3]. Однако при электрохимическом осаждении из растворов микроколичеств золота совместно с хитозаном рентгенофлуоресцентный анализ не выявил золота в составе полученных модифицированных материалов. Данный результат может быть обусловлен образованием хитозанового слоя, изолирующего адсорбированное углеродным материалом золото. Кроме того, процесс электрохимической подготовки материала к последующей сорбции является менее энергозатратным по сравнению с процессом непосредственного электрохимического осаждения золота и позволяет также произвести активацию ионообменных групп полимера со значительным повышением его сорбционной способности.

Синтез гранул хитозана – это новое направление в его применении. Одними из преимуществ гранулированной формы хитозана являются большой насыпной вес и возможность получения частиц с заданным

размером. Гранулирование также может быть совместимо с получением композиционных материалов хитозана с другими сорбентами. Таким образом, разработка технологии получения гранул хитозана является перспективным направлением.

Переработка хитозана в гранулы может быть осуществлена несколькими способами [4]. Доказано, что получение гранул сорбента с помощью синтеза четвертичных аммониевых соединений хитозана увеличивает сорбционную емкость полученного материала по золоту и урану. В данном процессе применяются перегнанные метил- и этилиодид, образующаяся во время реакции иодистоводородная кислота связывается пиридином либо триэтиламином. Полученное соединение хитозана выделяется из реакционной смеси фильтрованием, затем промывается и просушивается.

Полимерные частицы хитозана образуются также непосредственно из капель диспергированного хитозансодержащего раствора. Устойчивость диспергирования достигается механическим перемешиванием и введением в реакционную систему стабилизаторов. Стабилизаторы, адсорбируются на поверхности капель, образующихся при перемешивании, и препятствуют их слиянию. Диаметр капель колеблется от 0,1 до 5 мм в зависимости от природы и количества стабилизатора.

Был также опробован способ гранулирования, заключающийся в растворении хитозана в водном растворе уксусной кислоты, добавлении данного раствора в раствор поверхностно активного вещества в органическом растворителе и сшивке хитозановых микрогранул глутаровым альдегидом. Основным недостатком способа является невозможность получения хитозановых гранул с размерами менее 0,8 мкм.

Следует отметить, что хитозансодержащие сорбенты являются более доступными по сравнению с применяющимися ионообменными смолами. В связи с этим актуальным представляется исследование способов синтеза и характеристик полученных материалов, способных к сорбционному концентрированию золота и радиоактивных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальбрайх Л.С. Хитин и хитозан: строение, свойства, применение.
2. Yue Z.R., Jiang W., Wang L., Toghiani H., Gardner S.D., Pittman Jr. C.U. Adsorption of precious metal ions onto electrochemically oxidized carbon fibers. Carbon. 1999. V. 37. P.1607-1618.
3. Варенцов В. К. Переработка растворов золота в царской водке электролизом на углеродных волокнистых катодах. Цветные металлы. 2000. № 5. С. 69–72.
4. Dictionary of Renewable Resources. Ed. By H. Zoebelein 2-nd ed. Einheim, Wiley-VCH, 2001. – 408 p.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ СУБЛИМАЦИИ ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

Костарева Т.В., Федин А.С., Ожерельев О.А.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск,
Томской обл., пр. Коммунистический, 65, E-mail: fedinas@sibmail.com

В статье приведены результаты математического моделирования кинетики процесса сублимации гексафторосиликата аммония, в том числе определение уравнений кинетики сублимации с количественным нахождением коэффициентов влияния и выделением среди них лимитирующего.

На протяжении многих лет в стенах Северского технологического института НИЯУ МИФИ проводятся исследования сублимационной очистки фторидов, в том числе гексафторосиликата аммония (ГФСА). Основной задачей данных исследований является определение лимитирующих факторов процесса с внесением в будущем соответствующих изменений в конструкции технологического оборудования. Так, на первом этапе проводились термогравиметрические исследования сублимации ГФСА, в которых определялись лимитирующие факторы, влияющие на выбор температурного режима процесса.

Цель настоящих исследований – определение лимитирующих факторов, влияющих на скорость протекания сублимации ГФСА.

Задачи исследований:

- провести термогравиметрические исследования ГФСА и обработать полученные результаты на предмет выделения зависимости степени сублимации от времени $\alpha = f(\tau)$;
- провести математическое моделирование кинетики сублимации ГФСА.

Как и в случае исследований температурного режима сублимации, изучение кинетики процесса проходили в две стадии:

- эмпирические исследования – проведение четырех факторных пассивных экспериментов с использованием предметного моделирования;
- математическое моделирование – расчет систем линейных и полиномиальных уравнений, а также уравнения регрессии с последующим проведением дисперсионного анализа и статистической обработки полученных результатов.

Для проведения кинетических исследований использовались два вида образцов:

- свежий ГФСА, прошедший многоступенчатую очистку (образец 1);
- состаренный ГФСА, прошедший многоступенчатую очистку (образец 2).

Для реализации предметного моделирования вместо стандартного керамического тигля использовались три нестандартных металлических тигля, причем два из них являлись аналогами тарели и стакана. Третий тигель представлял собой вертикальный цилиндр и был взят для более полного изучения влияния геометрических параметров ($F_{\text{форм}}$, $H_{\text{тв}}$, H_c) на кинетику процесса (таблица 1).

Таблица 1

Параметры используемых нестандартных тиглей

Тип тигля	Материал	Масса навески, мг	Фактор формы	Внутренний диаметр, мм	Высота, мм	
					внутренняя	заполнения ГФСА
Тарелка	Pt	16,35... 22,44	1,76	6,00	3,40	0,91... 1,24
Стакан	Ni	10,67... 17,78	1,67	4,00	2,40	1,33... 2,21
Вертикальный цилиндр	Ni	9,32... 10,36	0,24	2,00	8,50	4,64... 5,16

На рис.1 приведена одна из полученных ТГ-кривых, в данном случае это результат эксперимента, проведенного со свежим ГФСА, прошедшим многоступенчатую очистку, в тигле типа вертикальный цилиндр при скорости нагрева равной 10 °С/мин.

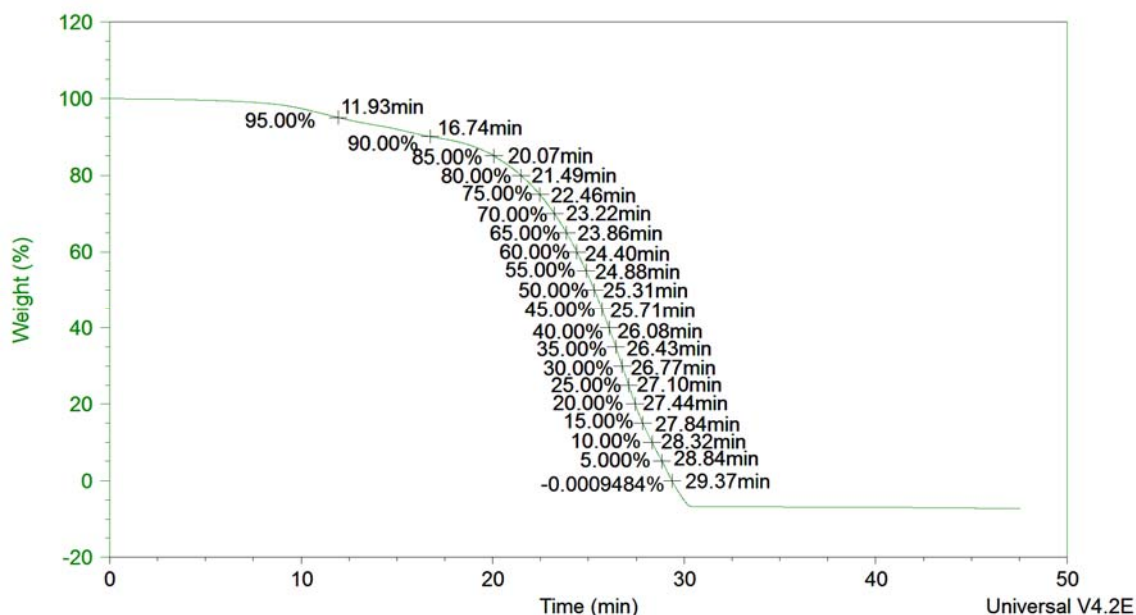


Рис. 1 ТГ-кривая сублимации гексфторосиликата аммония

На основе полученных результатов далее проводился дисперсионный анализ, после чего из оставшихся данных был создан массив для проведения математического моделирования. Для более детальной

проработки при формировании в массив заносились данные с шагом, соответствующим степени сублимации $\alpha = 5\%$, что и показано на рис. 1.

Так как геометрическими параметрами системы в ходе протекания процесса невозможно управлять, они задавались в начале экспериментов и принимались как статические. Несмотря на то, что скорость нагрева ($V_{наг}$) является управляемым параметром, для упрощения последующей обработки результатов в проведенных экспериментах она стабилизировалась на определенном значении (1, 3, 10 °С/мин), и как следствие была также отнесена к статическим параметрам. В процессе же эксперимента фиксировались изменения только двух динамических параметров – время ($\tau_{суб}$) и изменение массы (Δm).

Последующее математическое моделирование проводилось в три этапа.

На первом этапе определялась функциональная зависимость $V_{суб} = f(V_{наг}, F_{форм}, H_{тв}, H_z)$, которая по результатам пробных расчетов была определена как линейное уравнение следующего вида

$$V_{суб} = k_0 + k_1 V_{наг} + k_2 F_{форм} + k_3 H_{тв} + k_4 H_z,$$

где k_0 – константа скорости сублимации, $k_{1÷4}$ – характеристические коэффициенты.

Для определения коэффициентов уравнения k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 сначала на основе массива данных эмпирических исследований формировалась система линейных уравнений, после чего создавалась и вычислялась соответствующая матрица. Далее приведены приближенные уравнения сублимации ГФСА

$$V_{суб}^1 = 7,685 \cdot 10^{-2} + 8,911 \cdot 10^{-3} V_{наг} - 2,747 \cdot 10^{-2} F_{форм} - 1,246 \cdot 10^{-2} H_{тв} - 2,414 \cdot 10^{-3} H_z;$$

$$V_{суб}^2 = 9,945 \cdot 10^{-2} + 8,831 \cdot 10^{-3} V_{наг} - 3,677 \cdot 10^{-2} F_{форм} - 1,622 \cdot 10^{-2} H_{тв} - 2,916 \cdot 10^{-3} H_z.$$

Оценка результатов вычислений по первому уравнению показала достаточно хорошую сходимость по сравнению с экспериментальными данными, погрешность находилась в интервале 1,3...24,6%, по второму уравнению ещё меньше – 0,3...14,4.

Как видно из полученных уравнений, из рассмотренных факторов только скорость нагрева положительно влияет на скорость сублимации, в свою очередь остальные факторы ее уменьшают. В обоих случаях лимитирующим фактором является фактор формы.

Тем не менее, было решено еще повысить точность вычислений скорости сублимации, для чего на втором этапе на отдельных участках процесса были вычислены функциональные зависимости значений коэффициентов от степени сублимации $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 = f(\alpha)$.

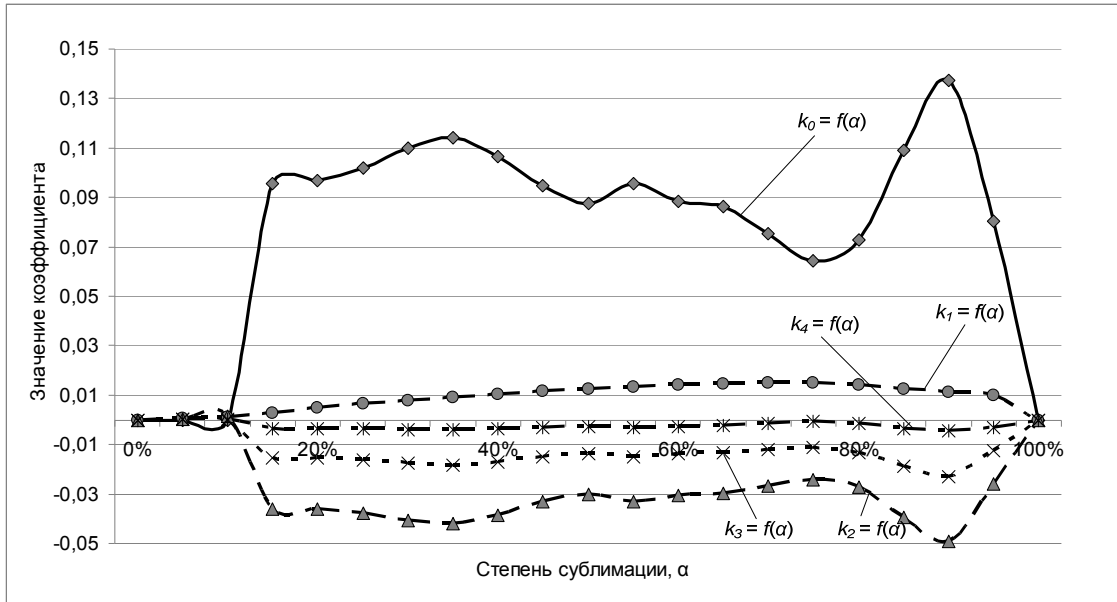


Рис. 2 Результаты расчета характеристических коэффициентов для образца 1

Для определения зависимостей $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 = f(\alpha)$ в форме полиномов сначала для каждой кривой строилась линия тренда с определением порядка полинома, после чего проводилась полиномиальная интерполяция с использованием матричного исчисления. Далее приведены полученные полиномы зависимостей $k_0, k_1, k_2, k_3, k_4 = f(\alpha)$. Для образца 1:

$$\begin{aligned}
 k_0 &= -9,436 \cdot 10^{-3} + 2,654 \cdot 10^{-3} \alpha + 2,324 \cdot 10^{-4} \alpha^2 - 6,982 \cdot 10^{-6} \alpha^3 - 2,204 \cdot 10^{-9} \alpha^4 + \\
 &+ 1,311 \cdot 10^{-9} \alpha^5 - 8,483 \cdot 10^{-12} \alpha^6, \\
 k_1 &= -8,927 \cdot 10^{-4} + 3,638 \cdot 10^{-4} \alpha - 6,016 \cdot 10^{-6} \alpha^2 + 1,352 \cdot 10^{-7} \alpha^3 - 1,084 \cdot 10^{-9} \alpha^4, \\
 k_2 &= 3,105 \cdot 10^{-3} - 4,048 \cdot 10^{-4} \alpha - 1,598 \cdot 10^{-4} \alpha^2 + 5,913 \cdot 10^{-6} \alpha^3 - 6,510 \cdot 10^{-8} \alpha^4 + \\
 &+ 1,079 \cdot 10^{-10} \alpha^5 + 1,153 \cdot 10^{-12} \alpha^6, \\
 k_3 &= 1,384 \cdot 10^{-3} - 3,162 \cdot 10^{-4} \alpha - 5,215 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 1,787 \cdot 10^{-6} \alpha^3 - 1,232 \cdot 10^{-8} \alpha^4 - \\
 &- 1,041 \cdot 10^{-10} \alpha^5 + 1,037 \cdot 10^{-12} \alpha^6, \\
 k_4 &= 4,288 \cdot 10^{-4} - 1,568 \cdot 10^{-4} \alpha + 1,734 \cdot 10^{-6} \alpha^2 - 2,682 \cdot 10^{-7} \alpha^3 + 1,148 \cdot 10^{-8} \alpha^4 - \\
 &- 1,572 \cdot 10^{-10} \alpha^5 + 6,898 \cdot 10^{-13} \alpha^6.
 \end{aligned}$$

Для образца 2:

$$\begin{aligned}
 k_0 &= 4,757 \cdot 10^{-5} + 3,611 \cdot 10^{-4} \alpha + 1,876 \cdot 10^{-3} \alpha^2 - 2,007 \cdot 10^{-4} \alpha^3 + 8,420 \cdot 10^{-6} \alpha^4 - \\
 &- 1,787 \cdot 10^{-7} \alpha^5 + 2,049 \cdot 10^{-9} \alpha^6 - 1,210 \cdot 10^{-11} \alpha^7 + 2,878 \cdot 10^{-14} \alpha^8, \\
 k_1 &= -1,659 \cdot 10^{-3} + 8,886 \cdot 10^{-4} \alpha - 3,432 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 5,787 \cdot 10^{-7} \alpha^3 - 3,189 \cdot 10^{-9} \alpha^4, \\
 k_2 &= 7,850 \cdot 10^{-3} - 6,161 \cdot 10^{-3} \alpha + 4,926 \cdot 10^{-4} \alpha^2 - 1,550 \cdot 10^{-5} \alpha^3 + 2,360 \cdot 10^{-7} \alpha^4 - \\
 &- 1,900 \cdot 10^{-9} \alpha^5 + 6,580 \cdot 10^{-12} \alpha^6, \\
 k_3 &= 2,842 \cdot 10^{-3} - 2,667 \cdot 10^{-3} \alpha + 2,108 \cdot 10^{-4} \alpha^2 - 6,722 \cdot 10^{-6} \alpha^3 + 1,033 \cdot 10^{-7} \alpha^4 - \\
 &- 8,236 \cdot 10^{-10} \alpha^5 + 2,788 \cdot 10^{-12} \alpha^6, \\
 k_4 &= 7,691 \cdot 10^{-4} - 5,242 \cdot 10^{-4} \alpha + 3,113 \cdot 10^{-5} \alpha^2 - 5,819 \cdot 10^{-7} \alpha^3 + 3,204 \cdot 10^{-9} \alpha^4.
 \end{aligned}$$

Оценка результатов вычислений по данным полиномам показала, что в большей части области сублимации погрешность расчетов не превышает 10% и лишь местами достигает 25%.

На третьем этапе определялась зависимость $\alpha_{\text{суб}} = f(V_{\text{суб}}, \tau_{\text{суб}})$, для чего было рассчитано уравнение регрессии вида

$$\alpha_{\text{суб}} = b_0 + b_1 V_{\text{суб}} + b_2 \tau_{\text{суб}} + b_{12} V_{\text{суб}} \tau_{\text{суб}}.$$

В результате расчета массива данных матричным методом (матрицы 56x4) получены следующие уравнения сублимации

$$\alpha_{\text{суб}}^1 = 5,53 - 0,06 V_{\text{суб}} - 29,91 \tau_{\text{суб}} + 19,53 V_{\text{суб}} \tau_{\text{суб}},$$

$$\alpha_{\text{суб}}^2 = -0,01 - 0,097 V_{\text{суб}} - 0,001 \tau_{\text{суб}} + 0,208 V_{\text{суб}} \tau_{\text{суб}}.$$

По сравнению с предыдущими уравнениями, пробные расчеты по первому уравнению показали относительно высокую погрешность – в среднем 25%, что возможно требует более углубленного расчета. Средняя погрешность расчетов по второму уравнению составила 13%.

ВЫВОДЫ:

1. Проведены исследования кинетики сублимации ГФСА с использованием математического моделирования.
2. Лимитирующим фактором скорости сублимации является фактор формы.
3. Получены кинетические уравнения сублимации ГФСА, погрешность пробных расчетов по которым показали погрешность не более 25%.

ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМОРФНОГО СОСТАВА ДЕСУБЛИМАТА ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

Федин А.С., Ожерельев О.А.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск,
Томской обл., пр. Коммунистический, 65, E-mail: fedinas@sibmail.com

В статье приведены результаты ИК-спектрометрических исследований полиморфного состава десублимата гексафторосиликата аммония. Проведенные исследования позволили выявить закономерность между полиморфным составом и гранулометрическим составом, а также изменение полиморфного состава при проведении многоступенчатой сублимационной очисткой.

По характеру структурных изменений различают полиморфные превращения:

- с изменением координационного полиэдра и координационного числа;
- превращения с изменениями способа сочленения координационных полиэдров и с изменением типа плотнейшей упаковки анионов;
- превращения с изменением упорядоченности структуры.

При всех этих превращениях происходит в той или иной степени изменение типа химической связи, но наиболее резко – при превращениях первого типа. Превращения первых двух типов сопровождаются скачкообразным изменением внутренней энергии, энтропии, и физических свойств, выделением или поглощением тепла. При превращениях типа порядок-беспорядок скачком меняется лишь удельная теплоемкость.

Известно, что ГФСА имеет 2 полиморфные модификации:

- α -(NH₄)₂SiF₆ (криптогалит) с кубической кристаллической решеткой, термически стойкая модификация;
- β -(NH₄)₂SiF₆ (барарит) с гексагональной кристаллической решеткой, термически метастойкая модификация.

Данные полиморфные модификации имеют сильно отличающиеся физические и термические свойства, в связи с этим характер протекания процессов сублимации и десублимации будет сильно зависеть от полиморфного состава порошка ГФСА.

В большинстве литературных источников, например [1,2], приводится однозначный механизм полиморфного превращения от барарита в криптогалит, которое происходит даже при комнатной температуре, хотя и с небольшой скоростью. При возгонке полиморфное превращение протекает уже с большой скоростью с постепенным полным переходом барарита в криптогалит.

Вместе с этим, в работе [3] приводятся сведения, что полиморфная фаза криптогалита в гексафторосиликате аммония, полученного по безводной фтораммонийной схеме, при возгонке может частично переходить обратно в фазу барарита.

Также определенный интерес представляет распределение полиморфных модификаций в зависимости от размеров частиц ГФСА.

В связи с этим, цели настоящей работы:

- найти распределение полиморфных модификаций по разно-размерным фракциям;
- определить степень полиморфного превращения при многократной сублимационной очистке.

Анализ полиморфного состава проводился с использованием ИК-спектрометра Thermo Nicolet 5700. Для большей точности, а также для проверки возможной связи между размером частиц и полиморфным составом, анализы были проведены в отдельности для каждой фракции порошка ГФСА, полученные ранее при ситовом анализе грубодисперсной смеси.

Методика эксперимента:

- калибровка прибора пустой матрицей прессованного KBr;
- формирование рабочих образцов ГФСА:KBr 1:300;
- получение ИК-спектров;
- расшифровка и интерпретация полученных результатов.

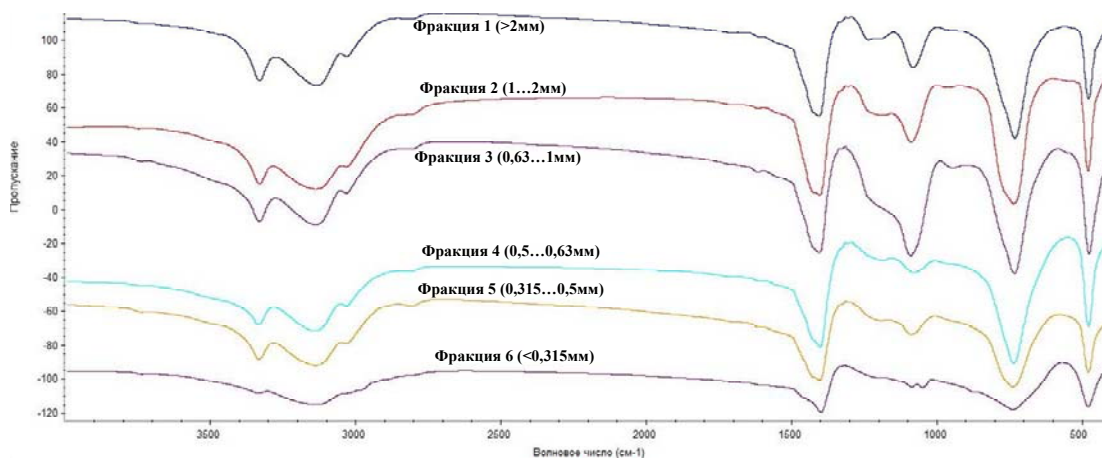


Рис. 1 Результаты ИК-спектрометрии образцов ГФСА

Как видно из рис. 1 ИК-спектры соответствующие фракциям 1...5 мало отличаются, при этом на их фоне существенно выделяется ИК-спектр фракции 6.

Для проведения расшифровки ИК-спектров, а также сопоставления и идентификации полиморфных модификаций использовалось специальное программное обеспечение «Omnic» с комплектом из 10-ти библиотек баз данных. По результатам обработки информации ИК-спектров и

сопоставления их со сведениями из баз данных, программа выдавала перечень из 10-ти веществ с наиболее близкими спектрограммами, а также % совпадения рабочего спектра с эталонным для индивидуального вещества.

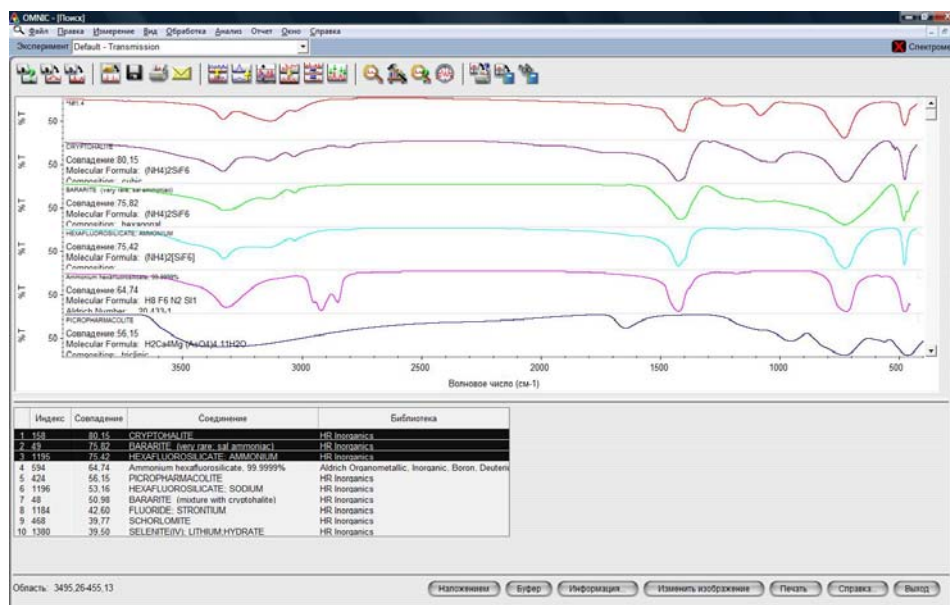


Рис. 2. Рабочий интерфейс программы для обработки ИК-спектров «Omnic»

В таблице 1 приведены результаты исследований ИК-спектров, в том числе наименование 3-х наиболее вероятных соединений и % их совпадения.

Таблица 1.

Результаты расшифровки ИК-спектров образцов ГФСА

Фракция	Соединение 1		Соединение 2		Соединение 3	
	Наимен.	% совпад.	Наимен.	% совпад.	Наимен.	% совпад.
1 (>2 мм)	Криптогалит	80,15	Барарит	75,82	Смесь ГФСА	75,42
2 (1...2 мм)	Криптогалит	73,79	Смесь ГФСА	72,09	Барарит	70,98
3 (0,63...1 мм)	Криптогалит	76,97	Барарит	71,88	Смесь ГФСА	70,11
4 (0,5...0,63 мм)	Криптогалит	80,16	Барарит	77,51	Смесь ГФСА	73,61
5 (0,315...0,5 мм)	Криптогалит	77,89	Смесь ГФСА	74,24	Барарит	73,56
6 (<0,315 мм)	Барарит	70,44	Криптогалит	65,71	Барарит с примесью криптогалита	64,50

Как видно из таблицы 1 преобладающим веществом во фракциях 1...5 является криптогалит и только в 6-ой – барарит. Однако с учетом массой пропорции, полученный опять-таки при ситовом анализе грубодисперсной смеси, ГФСА после одноступенчатой сублимационной очистки на 2/3 представляет собой барарит и лишь на 1/3 криптогалит.

Таблица 2.

Результаты расшифровки ИК-спектров образцов ОЧ ГФСА

Проба	Соединение 1		Соединение 2		Соединение 3	
	Наимен.	% совпад.	Наимен.	% совпад.	Наимен.	% совпад.
Образец 1	Смесь ГФСА	89,95	Криптогалит	89,62	Барарит	78,07
Образец 2	Криптогалит	89,84	Смесь ГФСА	89,45	Барарит	77,84

Поскольку ГФСА после многоступенчатой очистки имеет куда более мелкодисперсный и однородный состав, было решено не проводить для него гранулометрическую фракционную сепарацию, а взять два осредненных образца. Как видно из таблицы 2, после многоступенчатой очистки в поликристаллической структуре ГФСА значительно преобладает криптогалит, а барарита содержатся лишь следы.

ВЫВОДЫ:

1. После одноступенчатой сублимационной очистки криптогалит при десублимации образует преимущественно крупные частицы, а барарит мелкодисперсные, при этом полиморфный состав ГФСА (барарит : криптогалит) приблизительно соответствует пропорции 2 : 1.

2. После многоступенчатой сублимационной очистки ГФСА практически полностью представляет собой – криптогалит.

3. При разработке оборудования для многоступенчатой сублимационной очистки необходимо учитывать, что на начальных стадиях передела большая часть поликристаллической фазы будет составлять барарит, и лишь на последующих – криптогалит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Elmer O. Schlemper, Walter C. Hamilton, J. J. Rush Structure of Cubic Ammonium Fluosilicate: Neutron-Diffraction and Neutron-Inelastic-Scattering Studies // J. Chem. Phys. – 1966, 44, 2499
2. Oxtou I. A., Knop O. and Falk M. Infrared Spectra of the Ammonium Ion in Crystals. II. The Ammonium Ion in Trigonal Environments, with a Consideration of Hydrogen Bonding // Canadian Journal of Chemistry – 1975, 53, 3394–3400.
3. Мельниченко Е.И., Крысенко Г.Ф., Эпов Д.Г., Марусова Е.Ю. Термические свойства $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ // Журнал неорганической химии. – 2004. – Т. 49. – № 12. – С. 1943–1947.

СПОСОБ ПОДГОТОВКИ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ К ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ

Шевелёв А.М., Каменев Е.А., Тинин В.В.

ОАО «Сибирский химический комбинат», г. Северск

При выщелачивании некоторых видов урансодержащего сырья растворами азотной кислоты образуются суспензии нитрата уранила, содержащие взвеси нерастворимого остатка. Известно, что эти остатки значительно осложняющие экстракционную переработку растворов нитрата уранила: на экстракции нитрата уранила снижается скорость расслаивания эмульсий или происходит накопление на границе раздела фаз межфазных образований (медуз), перенос которых с экстрактом снижает очистку урана от балластных примесей. Поэтому важной задачей аффинажного производства является эффективное отделение этих остатков от раствора нитрата уранила.

Для решения поставленной задачи, как правило, используют фильтрацию и/или центрифугирование. Например, в способе переработки химического концентрата природного урана [1] раствор нитрата уранила получают растворением ХКПУ в растворе азотной кислоты и отделением образовавшегося нерастворенного остатка декантацией.

Способ переработки концентратов оксидов природного урана [2] включает выщелачивание урана концентрированной азотной кислотой при повышенной температуре и отделение осадка от водной фазы фильтрацией через полиэфирную ткань ПЭ-100 после отстоя в течение нескольких часов или центрифугированием.

Но любой из способов подготовки урансодержащего сырья к экстракции не лишен ряда существенных недостатков, а именно:

- отделённый остаток необходимо отмывать от урана с разделением получаемых суспензий и утилизацией больших объёмом разбавленных по урану промывных растворов;

- режим отмывки полученных НО не позволяет обеспечить полного извлечения урана, что приводит к потере урана и образованию твердых радиоактивных отходов относящихся к категории САО;

- наличие тонкодисперсных фракций НО с низкими седиментационными свойствами приводит к появлению тонкодисперсных осадков в промывных растворах, накоплению в аппаратах, появлению их в растворах урана, направляемых на экстракционный передел;

- высокое содержание общей влаги в НО (20-30 %) приводит к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат для приведения их в соответствие с нормой НП-020-2000 по содержанию жидкости в отходах, направляемых на хранение и захоронение (не более 3 % мас.);

– процесс разделения трудоёмок и имеет сложное и многостадийное аппаратурное оформление

Все это, в конечном счете, приводит к увеличению себестоимости переработки в целом. Задача исследований заключалась в разработке способа подготовки урансодержащего сырья к экстракционной переработке, обеспечивающего снижение потерь урана, минимизацию объёмов образующихся отходов, упрощение технологической схемы и как следствие увеличение её производительности. Основная идея экспериментов заключалась в апробации способа совместного растворения в азотной кислоте НО, полученного после выщелачивания исходного сырья и уран-фторсодержащих оборотов, образующихся в сублиматном производстве. Известно, что при растворении любого урансодержащего сырья, твёрдая фаза получаемой суспензии, состоит из двух основных компонентов: нерастворенного остатка (его количество определяется примесным составом исходного сырья и никак не зависит от концентрации азотной кислоты); остатки, вызванные гидролизом балластных примесей (эти остатки подвержены растворению в растворе азотной кислоты).

Следовательно, максимальное количество НО образуется при минимальном количестве свободной кислоты и максимальном количестве урана в растворе. Поэтому эксперименты проводили с отходами, выделенными из суспензии полученной с учетом концентрации нитрата уранила в пересчете на уран 450-470 г/л, и азотной кислоты 0,1-0,5 моль/л.

В качестве исходного материала использовали НО, полученный при растворении ХКПУ в виде пероксида урана $\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Химический состав данного сырья характеризуется значительным содержанием (до 30 % масс. от массы навески) таких «проблемных» примесей как: железо, алюминий, кальций, сера, молибден.

Полученную в результате выщелачивания ХКПУ суспензию подвергали фильтрации. Отделённый остаток сушили до постоянной массы (с целью исключения влияния остаточной влаги на изменение массы навески), затем смешивали его с фторсодержащим реагентом. Фтор-ион можно вводить в систему в виде любого водорастворимого реагента. В опыте в качестве фторсодержащего реагента использовали фторид натрия.

При смешивании нерастворенного остатка с фторсодержащим реагентом были получены образцы суспензии с конечной концентрацией фтор-иона 15, 30, 60, 80, 120 г/л. Полученные образцы растворяли в азотной кислоте из расчета её концентрации 0,5-8 моль/л.

На рисунке 1 представлены результаты эксперимента, которые позволяют сделать вывод о том, что значительная часть нерастворенного, образующегося после выщелачивания остатка (в виде шихтованной массы (суспензии)) подвергся растворению в растворе 2-х молярной азотной кислоты при концентрации фтор-иона от 15 г/л.

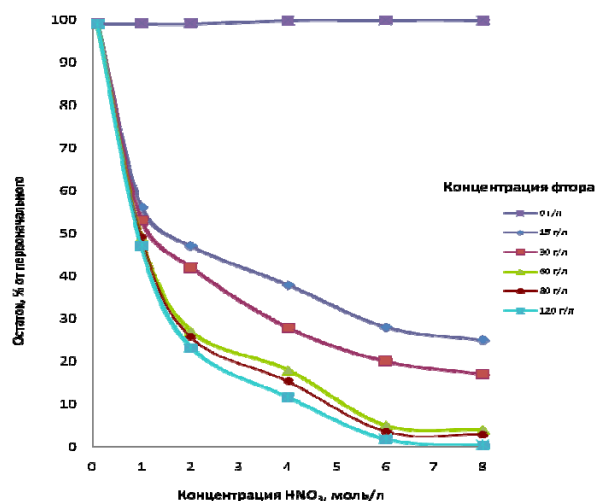


Рис. 1. Изменения количества НО в зависимости от концентраций азотной кислоты и фтор-иона

Для определения зависимости массы нерастворенного остатка от температуры раствора и концентрации фтора были проведены эксперименты, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Зависимость массы нерастворенного остатка от температуры раствора

Температура раствора, °С	Масса остатка, г			
	Концентрация фтора в растворе, г/л			
	0	60	80	120
25	0,92	0,59	0,43	0,38
50	0,90	0,37	0,31	0,26
60	0,86	0,13	0,10	0,10
80	0,84	0,11	0,09	0,10
100	0,82	0,09	0,08	0,09

При определении оптимального температурного режима было установлено, что при минимальных концентрации фтор-иона (на уровне 15 г/л) и азотной кислоты (2 моль/л) наилучшие показатели достигаются при температуре 60-100°C.

Таким образом, предложенный способ подготовки урансодержащего сырья к экстракционной переработке обеспечивает снижение потерь урана, минимизацию объемов образующихся отходов и приводит к упрощению технологической схемы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2398036, МПК C22B 60/02, опубл. 27.08.2010.
2. Патент РФ № 2323883, МПК C01G 43/01, опубл. 10.05.2008.
3. Заявка на изобретение «Способ подготовки урансодержащего сырья к экстракционной переработке», № 2609 от 09.11.12г. (отправлено из ПТО 21.11.12г.), уведомление № 252 от 20.09.12г.

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ УРАНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Шевелёв А.М., Каменев Е.А., Тинин В.В.

ОАО «Сибирский химический комбинат», г. Северск

При растворении (выщелачивании) урансодержащего сырья, в состав которого входят примеси различных веществ, в растворах азотной кислоты образуется нерастворимый остаток. В процессе экстракционного аффинажа нерастворимые остатки способствуют образованию нерасслаивающихся эмульсий (медуз) водной фазы с экстрагентом – 30 %-ным ТБФ в углеводородном разбавителе, что приводит к нарушению процесса экстракции. Поэтому, если экстракционное производство ориентировано на переработку растворов, не содержащих твердой фазы, то нерастворимые остатки следует удалить из растворов. Для этого используются различные технологические приёмы, чаще всего осаждение, фильтрация и/или центрифугирование.

Например, известен способ переработки концентратов оксидов природного урана [1] включает выщелачивание урана концентрированной азотной кислотой при повышенной температуре и отделение водной фазы от нерастворимого остатка фильтрацией через полиэфирную ткань ПЭ-100 после отстоя в течение нескольких часов или центрифугированием.

Или способ переработки урансодержащего сырья, включающий выщелачивание урансодержащего сырья раствором азотной кислоты и разделение полученной суспензии на твёрдую и жидкую составляющие [2]. В данном способе в азотнокислый раствор нитрата уранила, полученного выщелачиванием (растворением) концентрата в форме U_3O_8 (количество примесей 12% от массы навески) с концентрацией урана 300-450 г/л и азотной кислоты 0,7-3,0 моль/л, вводили первичный коагулянт катионного типа FLOQULATTM FL 45 C в количестве 100-200 мг/л для дестабилизации коллоидной системы. Затем вторичный катионный флокулянт FO 4140 PWG в количестве 5-10 мг/л для образования макрохлопьев. Процесс вели при температуре 30-50°C. После введения коагулянта и флокулянта нерастворимый остаток (масса которого не превышает 0,6% от массы навески) отделяли от растворов фильтрацией, получая прозрачные растворы нитрата уранила, пригодные для экстракционного процесса.

Описанный способ имеет ряд существенных недостатков:

- разделять растворы нитрата уранила крайне затруднительно (процесс характеризуется низкими коэффициентами фильтрации и большим объёмом, в ряде случаев сопоставимым с объёмом исходного раствора);

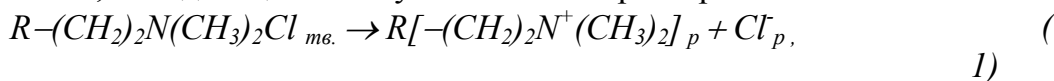
– процесс разделения трудоёмок так как для большей эффективности требует применения нескольких видов соосадителей и дополнительных затрат на аппаратное оформление процесса.

Целью работы стала интенсификация процесса разделения полученных при выщелачивании уранового сырья суспензий на осветлённый раствор и нерастворимый остаток, а именно, увеличение скорости осветления суспензии и уменьшение объёма нерастворимого остатка. Для решения поставленной задачи были проведены исследования по подбору соосадителей, пригодных для отделения нерастворимых остатков от суспензий, полученных выщелачиванием урансодержащих материалов, и оптимальных условий разделения.

Суспензию нитрата уранила получили растворением исходного сырья в виде пероксида урана в растворе азотной кислоты. Процесс растворения проводили при температуре 60-95°C с постоянным перемешиванием системы механической мешалкой на 1000 об/мин. Полученная суспензия имела характерный коричнево-оранжевый цвет гидроксида трёхвалентного железа на фоне жёлто-зелёного цвета высококонцентрированного раствора нитрата уранила. Концентрация урана в водной фазе полученной суспензии находилась в интервале 200-450 г/л, концентрация свободной азотной кислоты 0,1-1 моль/л. При этом НО составил 1,53 % от массы навески.

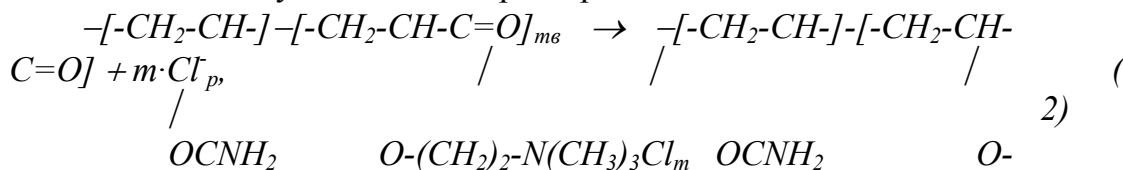
Полученную суспензию разделили на три части: одна – контрольная, в остальные прилили свежеприготовленные растворы:

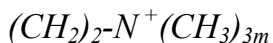
1. В первой серии опытов полимерный комплекс (с высокой плотностью заряда) на основе диаллилдиметиламмоний хлорида в виде винилпиридина (активация полимера показана формулой 1), затем катионный флокулянт (с крайне малой плотностью заряда), являющийся хлорпроизводным полимерных органических четвертичных аммониевых оснований, в количестве 5-10 мг/л. В опытах данной серии аналогично прототипу использовали растворы коагулянта ВПК-402 и флокулянта FO 4140 PWG, обладающие вышеуказанными характеристиками.



где R – углеводородный скелет и неактивные функциональные группы

2. Во второй серии опытов раствор сополимера акриламида и триметиламмонийэтилакрилата хлорида $[-(C_3H_5NO)_x - (C_8H_{15}NO_2Cl)_y]$, где $x = 11000...57000$, $y = 11000...57000$, с молекулярной массой от 3 до 15 миллионов, низкой плотностью заряда (активация представлена формулой 2). В опытах данной серии использовался раствор флокулянта FO 4190, обладающий вышеуказанными характеристиками.





Для определения скорости достижения полного осветления суспензии измеряли оптическую плотность растворов. При этом за полное осветление суспензии принимали время, при котором оптическая плотность раствора становилась постоянной.

Опыты проводили следующим образом. Сразу после завершения растворения исходного урансодержащего сырья каждую из частей полученной суспензии перемешали и разделили на 13 равных порций объемом 50 мл каждая.

Из первой порции каждой части полученной суспензии сразу после разделения (т.е. без выдержки суспензии) отобрали сверху 25 мл суспензии, пробу перемешали и измерили оптическую плотность пробы на фотоэлектроколориметре. Затем через заданные интервалы времени (5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 150, 180 минут и через сутки) провели аналогичные измерения с остальными порциями.

В процессе проведения опытов было отмечено, что в контрольной части суспензии примерно 1/3 объема нерастворимого остатка за сутки отстаивалась и представляла собой очень подвижный, легко взмучиваемый осадок, 2/3 объема нерастворимого остатка образовывали с раствором седиментационно-устойчивую систему, которая за 3 – 4 суток осветлялась на 25-30 %.

Также было отмечено, что при введении соосадителей весь нерастворимый остаток в системе почти сразу становится хлопьевидным. Совместное применение коагулянта ВПК-402 и флокулянта ФО 4140 уменьшает время полного осветления до 2,5 часов. Введение флокулянта ФО 4190 позволяет уменьшить время полного осветления раствора до 30 минут.

Графики, представленные рисунке 1, показывают, что при введении флокулянта ФО 4190 скорость осветления суспензии выше, чем при введении коагулянта ВПК-402, при любой концентрации соосадителя и несмотря на то, что в способе по прототипу для повышения эффективности процесса и снижения дозировки коагулянта до минимального количества, необходимого для дестабилизации суспензии, в систему дополнительно вводят флокулянт ФО 4140.

В процессе проведения опытов было установлено, что наименьшему времени осветления суспензии соответствует концентрация в системе флокулянта ФО 4190, равная 95-110 мг/л, что составляет 5,95 – 11,9 мг/г нерастворимого остатка.

Получение минимального объема НО ведет к увеличению выхода очищенного раствора и способствует интенсификации процесса разделения полученных при выщелачивании уранового сырья суспензий на осветлённый раствор и нерастворимый остаток. В процессе проведения опытов были отмечены изменения объема неосветлённой части суспензии

в зависимости от применяемого соосадиителя и времени выдержки. Результаты измерений приведены в таблице 1.

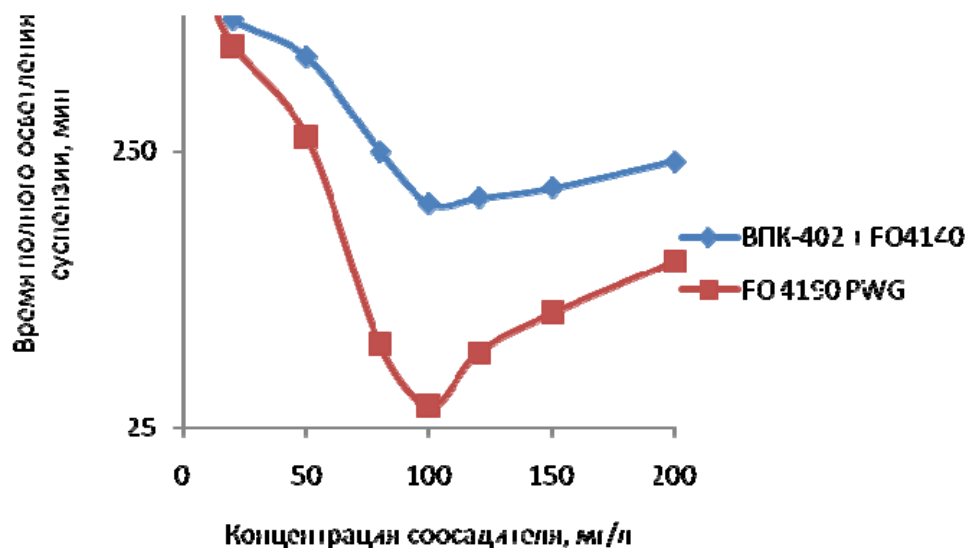


Рис.1. Время полного осветления суспензии в зависимости от типа соосадиителя и его концентрации в растворе

Таблица 1 – Изменение объема неосветленной части суспензии в зависимости от применяемого соосадиителя

Концентрация азотной кислоты, моль/л	Объем неосветленной части суспензии, % об.					
	10 мин			30 мин		
	Без применения соосадиителей	Концентрация ВПК-402 в системе 100 мг/л и FO 4140 PWG 5 мг/л	Концентрация FO 4190 PWG в системе 100 мг/л	Без применения соосадиителей	Концентрация ВПК-402 в системе 100 мг/л и FO 4140 PWG 5 мг/л	Концентрация FO 4190 PWG в системе 100 мг/л
0,1	99	72	50	94	35	27
0,2	98	68	45	90	34	26
0,4	97	62	30	92	27	14
0,8	94	59	29	84	29	18
1	94	59	28	86	28	16

Данные представленные в таблице 1 позволяют сделать следующий вывод: что введение сополимера акриламида и триметиламмонийэтилакрилата хлорида позволяет получить меньший, чем при введении полимерного комплекса на основе диаллилдиметиламмоний

хлорида и дополнительно хлорпроизводного полимерных органических четвертичных аммониевых оснований, объём неосветлённой части суспензии. Причем для достижения данного результата требуется азотная кислота с меньшей концентрацией.

После того, как произошло разделение суспензии на осветленный раствор и нерастворимый остаток, нерастворимый остаток отделили от раствора фильтрацией. Измерение скоростей фильтрации показало, что совместное применение коагулянта ВПК-402 и флокулянта ФО 4140 позволяет увеличить скорость фильтрации с 20 до 75 мл/мин, а добавление в суспензию флокулянта ФО 4190 увеличивает скорость до 110 мл/мин.

После разделения суспензии, полученный раствор направили на экстракцию. Во время проведения процесса образования нерасслаивающихся эмульсий не наблюдалось.

Проведенные эксперименты доказывают, что применение в качестве соосадителя при разделении суспензий раствора (с низкой плотностью заряда) $[-(C_3H_5NO)_x - (C_8H_{15}NO_2Cl)_y]$, где $x = 11000...57000$, $y = 11000...57000$, с молекулярной массой от 3 до 15 миллионов образующегося в результате сополимеризации акриламида и триметиламмонийэтилакрилата хлорида, позволяет уменьшить время осветления растворов и обеспечивает образование осадка меньшего объема.

Реализация предлагаемого способа отделения нерастворимых остатков от суспензий нитрата уранила позволит значительно сократить время отстаивания и фильтрации, что в свою очередь положительно отразится на капитальных затратах и, соответственно, приведет к уменьшению себестоимости переработки всей схемы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2323883, МПК C01G 43/01, опубл. 10.05.2008.
2. Козырев А.С., Шикерун Т.Г., Рябов А.С., Шамин, В.И., Михайлова Н.А., Скуратова М.В. Интенсификация процессов разделения высококонцентрированных растворов уранила и тонкодисперсных твёрдых взвесей. Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 3. – С. 16 – 19.
3. Заявка на изобретение «Способ переработки урансодержащего сырья природного происхождения» № 2012129191 от 10.07.12г., уведомление №247 от 20.03.12г.

СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ХКПУ**Шевелёв А.М.¹, Соковиков С.А.¹, Жиганов А.Н.²**¹ОАО «Сибирский химический комбинат», г. Северск,²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск, Томской обл.,
пр.Коммунистический, 65

Важной стратегической задачей аффинажного производства является увеличение объемов и номенклатуры перерабатываемого уранового сырья в действующем производстве. Различный физико-химический состав химических концентратов природного урана (ХКПУ) требует адаптировать существующую технологию аффинажа природного урана для каждого нового вида сырья. Одним из перспективных видов перерабатываемых концентратов является ЖК – непрокаленный продукт предприятий по добыче природного урана. Обычно это полиуранаты, АУТК или пероксид урана.

Его отличительной особенностью является то, что в состав этого сырья входит значительное количество т.н. «проблемных» примесей.

В свою очередь, эти примеси при растворении ХКПУ в растворах азотной кислоты образуются нерастворимые остатки (Н.О.). Качественный анализ этих остатков установил, что в их состав входят гидратированные оксиды железа, алюминия и других металлов.

Присутствие Н.О. в растворах нитрата уранила негативно сказывается в процессе экстракционного аффинажа урана, так как способствует образованию нерасслаивающихся эмульсий (медуз) водной фазы с экстрагентом – 30 %-ным ТБФ в углеводородном разбавителе. Это, в свою очередь, приводит к нарушению процесса экстракции.

Следовательно, если экстракционное производство ориентировано на переработку растворов, не содержащих твердой фазы, то Н.О. следует удалить из растворов. Однако, зачастую при растворении ХКПУ образуются суспензии, в которых Н.О. образуют труднофилтруемые взвеси, такие суспензии трудно разделить на осветленный раствор и осадок.

Задачей работы являлось расширение способов разделения суспензий, обеспечивающих отделение раствора нитрат уранила от Н.О. с достижением остаточного содержания взвесей в растворе не выше 100 мг/л – максимального количества взвесей, при котором на стадии экстракции не наблюдается образование нерасслаивающихся эмульсий.

Исходные суспензии нитрата уранила для проведения экспериментов готовились растворением ХКПУ в растворе азотной кислоты.

Так, концентрация нитрат уранила в полученных суспензиях в пересчете на уран находилась в интервале 203,1...205,7 г/л, концентрация свободной азотной кислоты в интервале 104,1...112,5 г/л, железа 15,38 %

масс. U, алюминия 7,93 % масс.U, Н.О. составляли порядка 0,5 % от объема концентрата.

Для решения поставленной задачи, было проведено две серии экспериментов:

- в первой серии исследовано влияние на осветление суспензии коагулянта и магнита и продолжительности их воздействия на суспензию;
- во второй серии подобрана оптимальная концентрация коагулянта.

Провели первую серию из 4 опытов.

В опыте 1 исследовали разделение суспензии в процессе её отстоя. Сразу после завершения растворения ХКПУ полученную суспензию разделили на шесть равных порций объёмом 50 мл каждая. Затем сразу после разделения (т.е. без выдержки суспензии) и через заданные интервалы времени (5, 10, 15, 20 и 25 минут выдержки) из каждого цилиндра отбирали сверху 25 мл суспензии, пробу перемешивали и измеряли оптическую плотность пробы на фотоэлектроколориметре.

В опыте 2 исследовали разделение суспензии после введения в неё коагулянта. В полученную от растворения ХКПУ суспензию, разделенную на 6 порций, добавили коагулянт анионного типа из серии FLOPAM марки AN 923 PWG, представляющий собой анионный сополимер акриламида и акрилата натрия с молекулярной массой $12 \cdot 10^6$ г/моль, до его концентрации в суспензии 40 мг/л и перемешали в течение 15 секунд. Далее провели замер оптической плотности шести проб полученной пульпы сразу после перемешивания коагулянта и через заданные интервалы времени (5, 10, 15, 20 и 25 минут), отбирая из каждого цилиндра сверху 25 мл суспензии, перемешивая её и измеряя оптическую плотность пробы на фотоэлектроколориметре.

В опыте 3 исследовали разделение суспензии при воздействии на неё постоянного магнита. В шесть порций суспензии ввели (опустили) постоянный высокоэнергетический магнит Nd-Fe-B (напряженность магнитного поля в растворе была равна 730 кА/м) и начали перемешивать механической мешалкой. До перемешивания и в процессе перемешивания через заданные интервалы времени (5, 10, 15, 20 и 25 минут) из каждой емкости отбирали пробы суспензии и измеряли их оптическую плотность.

В опыте 4 исследовали разделение суспензии при введении в неё коагулянта и воздействии постоянного магнита. Для этого в шесть порций суспензии ввели коагулянт анионного типа марки AN -923 до его концентрации в суспензии 40 мг/л и затем провели операции как в опыте 3.

В таблице 1 приведены результаты измерения оптической плотности проб, характеризующей степень осветления суспензии, в зависимости от времени воздействия.

Как видно из таблицы, при воздействии на суспензию коагулянта и магнита в зависимости от времени воздействия осветление суспензии происходит в 2-4 раза более эффективно по сравнению с воздействием

только одного коагулянта и в 1,5-3 раза по сравнению с воздействием только одного магнита.

Таблица 1.

Результаты первой серии опытов

Номер пробы	Продолжительность выдержки суспензии, мин	Оптическая плотность проб.			
		Опыт 1(холостой)	Опыт 2(коагулянт)	Опыт 3(магнит)	Опыт 4(коаг+маг)
1	0	0,87	0,86	0,87	0,87
2	5	0,85	0,83	0,63	0,49
3	10	0,83	0,70	0,48	0,22
4	15	0,80	0,59	0,47	0,15
5	20	0,74	0,48	0,44	0,13
6	25	0,72	0,35	0,42	0,11

Во второй серии опыты 1, 2, 3, 4 проводили как опыт 4 первой серии, только коагулянт вводили до концентрации соответственно 20, 40, 60, 100, 500 мг/л.

Результаты опытов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты второй серии опытов

Номер пробы	Продолжительность выдержки суспензии, мин	Оптическая плотность растворов проб при концентрации коагулянта, мг/л					
		20	40	60	100	200	500
1	0	0,88	0,87	0,88	0,89	0,88	0,85
2	5	0,59	0,49	0,35	0,29	0,24	0,21
*	6	-	-	-	-	-	0,18
*	6,7	-	-	-	-	0,18	-
*	7,5	-	-	-	0,18	-	-
3	10	0,35	0,22	0,10	0,07	0,06	0,05
4	15	0,26	0,15	0,05	0,03	0,03	0,03
5	20	0,22	0,13	0,05	0,02	0,02	0,02
6	25	0,18	0,11	0,05	0,02	0,02	0,02

*- Время выдержки суспензии при различных концентрациях коагулянта до достижения заданной оптической плотности

Как видно из таблицы 2, при концентрации коагулянта 20 мг/л в магнитном поле освещение происходит почти в 2 раза эффективнее, чем при концентрации 40 мг/л в отсутствии магнитного поля. Заданное освещение суспензии в поле постоянного магнита (оптической плотности 0,18, соответствующей концентрации взвесей нерастворимого остатка, равной 100 мг/л) наступает при концентрации коагулянта 20 мг/л и времени воздействия 25 минут. Увеличение концентрации коагулянта до

100 мг/л сокращает продолжительность осветления суспензии в поле постоянного магнита до 7,5 минут.

Дальнейшее увеличение концентрации коагулянта в суспензии не приводит к существенному ускорению осветления суспензии.

После разделения суспензии раствор направили на экстракцию, в процессе которой образования медуз не наблюдалось.

Неожиданным эффектом явилось резкое увеличение эффективности осветления раствора нитрат уранила при совмещении действий анионного коагулянта и магнита. В магнитном поле суспензия разделяется быстрее, а дополнительное введение катионных и неионных коагулянтов практически не меняет скорость разделения.

ВЫВОДЫ:

1. Предлагаемый способ позволяет получать растворы, пригодные для экстракции. При этом на стадии экстракции не наблюдалось образования нерасслаивающихся эмульсий.

2. Реализация заявляемого способа может быть осуществлена, например, пропусканием суспензии с введённым в неё коагулянтом через трубное пространство в поле постоянного магнита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. №2451761 Российская федерация, МПК G22В 60/02, G22В 3/06, G22В 3/20. Способ переработки химического концентрата природного урана/Шевелёв А.М., Круглов С.Н., Михайлов В.А., Соколов С.А., Шамин В.И.; заявл. 01.11.10; опубл. 27.05.12, Бюл. № 15.

**Раздел АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ****ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ****Глушков А.В.¹, Кербель Б.М.²**¹ ОАО «Новосибирский завод химконцентратов», 630110, г. Новосибирск, ул. Богдана
Хмельницкого, 94, e-mail: or@ncsr.ru² Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск, Томской обл.,
пр. Коммунистический, 65, e-mail: akbm@ssti.ru

В работе сделан обзор современных вторичных литий ионных аккумуляторов (ЛИА), описаны принципы их работ, их преимущества и недостатки, современные тенденции в создании аккумуляторов нового поколения и их отдельных составляющих. В статье даётся краткий экскурс в историю создания ЛИА, основные области их применения, рассмотрена номенклатура, свойства и ключевые различия современных катодных материалов.

Введение

Современная электроника предъявляет все более высокие требования к мощности и емкости источников энергии. В то время как свинцовые никель-кадмиевые и никель-металлогидридные аккумуляторы вплотную приблизились к своему теоретическому пределу, литий-ионные находятся только в начале пути. Сравнительные характеристики этих аккумуляторов приведены в таблице.

Тип аккумулятора	NiCd	LiFePO ₄	LiCoO ₂
Плотность энергии, Wh/kg	45 - 80	90 - 110	150 - 250
Циклов (до 80% ёмкости)	1500	1000-5000	500 - 1000
Время быстрой зарядки, час	1	0,5 - 1	2 - 4
Устойчивость к перезаряду	высокая	высокая	низкая
Саморазряд за месяц	20%	5 %	5 %
Напряжение ячейки	1,25 В	3,2 В	3,7 В
Выходной ток пиковый постоянный	20С 1С	35С 5С	➤ 2С ➤ 1С
Рабочая температура	От – 40 до + 60 °С	От – 40 до + 60 °С	От – 20 до + 60 °С
Обслуживание	Один раз в 30 – 60 дн.	Не требуется	Не требуется
Стоимость за Вт×час, руб.	1,75	0,56	0,35
Начало использования	1950	1999	1991

Анализ приведённых в таблице данных показывает, что литий-ионная технология – наиболее актуальная и передовая аккумуляторная технология

в современном мире [1,2], на её развитие тратится больше средств, чем на все остальные, вместе взятые. Объём средств, инвестированных в мире в научную работу по усовершенствованию литий-ионной технологии, исчисляется миллиардами долларов. В результате этого ЛИА стали самыми мощными, энергоёмкими и долгоживущими вторичными источниками тока (первичные – одноразовые батареи). Себестоимость их производства постоянно снижается, а проблемы с безопасностью применения успешно решаются.

Li-ion - литий-ионные аккумуляторы

Литий – самый легкий и наиболее химически активный металл. Благодаря этому литий характеризуется наибольшей теоретической удельной электрической энергией. Источники тока на основе лития обладают высоким разрядным напряжением и значительной емкостью. На его основе работают все современные источники питания для ноутбуков и телефонов. В зависимости от комбинации анод-катод, литиевые элементы могут создавать напряжение от 2 до 4 Вольт, что выше, чем у любых других элементов.

Первые работы по литиевым аккумуляторам были осуществлены в 1912 году, однако только в 1970 году появились первые коммерческие экземпляры первичных литиевых источников тока.

В ходе исследований с целью создания безопасного источника тока на основе лития, взрывоопасный и неустойчивый при циклировании в составе аккумулятора металлический литий был заменён на его соединения в составе оксидов переходных металлов с внедрённым углеродом для повышения проводимости катодного материала. Таким образом, удалось получить все полезные электрохимические качества, не связываясь с нестабильной металлической формой. В 1991 году фирма Sony начала коммерческое производство литий-ионных аккумуляторов и в настоящее время является одним из крупнейших поставщиков на данном сегменте рынка.

Принцип работы Li-ion аккумулятора

В литий-ионных элементах ионы лития связаны молекулами других материалов. Наиболее популярными материалами для создания литий-ионных аккумуляторов в настоящее время являются графит и кобальтат лития (LiCoO_2) в качестве анода и катода соответственно. В таком источнике тока в ходе заряда-разряда ионы лития переходят из одного электрода внедрения в другой и наоборот. Хотя эти электродные материалы обладают в несколько раз меньшей по сравнению с литием удельной электрической энергией, аккумуляторы на их основе являются достаточно безопасными при условии соблюдения некоторых мер предосторожности в ходе заряда-разряда.

Удельные характеристики литий-ионных аккумуляторов по крайней мере вдвое превышают аналогичные показатели никель-кадмиевых

аккумуляторов и хорошо характеризуют себя при работе на больших токах, что необходимо при использовании данных аккумуляторов в сотовых телефонах, портативных компьютерах и электроинструменте. Литий–ионные аккумуляторы имеют достаточно низкий саморазряд (2–5% в месяц).

Для обеспечения безопасности и долговечности, каждая ячейка аккумуляторов должна быть оборудована электрической схемой управления, чтобы ограничить пиковое напряжение каждого элемента во время заряда и предотвратить понижение напряжения элемента при разряде ниже допустимого уровня. Кроме того, должен быть ограничен максимальный ток заряда и разряда и контролироваться температура элемента. При соблюдении этих предосторожностей, возможность образования металлического лития на поверхности электродов в ходе эксплуатации (что наиболее часто приводит к нежелательным последствиям) практически исключена. Производители непрерывно совершенствуют технологию литий–ионных аккумуляторов. Параллельно предпринимаются усилия для повышения безопасности литий ионных аккумуляторов как на уровне отдельных источников тока, так и на уровне управляющих электрических схем.

Li-Pol - литий-ион-полимерные аккумуляторы

Это конструктивная особенность в литий-ионной технологии. Электролит представляет из себя полимерную микропористую перегородку, отделяющую анод от катода, которая содержит в себе литиевую соль. В результате становится возможным упрощение конструкции элемента, поскольку любая утечка гелеобразного электролита недопустима. Таким образом, при одинаковой удельной плотности, литий-полимерные батареи оптимальной формы могут хранить на 20% больше энергии, чем аналогичные литий-ионные. Это достигается за счет заполнения "мертвых" объемов в углах отсека, которые остались бы неиспользованными в случае применения цилиндрической батареи.

Материалы анодов для ЛИА

По материалу отрицательного электрода литий–ионные аккумуляторы можно разделить на два основных типа: с отрицательным электродом на основе кокса (фирмы Sony, Panasonic) и на основе графита (большинство других изготовителей).

Источники тока с отрицательным электродом на основе графита имеют более ровную разрядную кривую с резким падением напряжения в конце разряда, по сравнению с более пологой разрядной кривой аккумулятора с коксовым электродом. Аккумуляторы с графитовым отрицательным электродом способны обеспечить более высокий ток нагрузки и меньший нагрев во время заряда и разряда, чем аккумуляторы с коксовым отрицательным электродом.

Материалы катодов для ЛИА

Существует широкое множество различных катодных материалов, каждый тип имеет свои преимущества и недостатки и эффективен в конкретных областях применения. Наиболее широко распространённый катодный материал – кобальтат лития (LiCoO_2). Технология получения кобальтата лития достаточно проста, но относительно высокая цена и токсичность кобальта не позволяют использовать его в крупных масштабах. Теоретическая емкость кобальтата около 370 мАч/г, но практически же редко удается достичь величины более 150 мАч/г. Это означает, что кобальтат может отдать при зарядке не более половины содержащихся ионов лития, после чего начинается восстановление кобальта, который образует дендриты, аналогично тому, как это происходило на аноде из металлического лития. Дополнительную опасность этому процессу придает то, что при восстановлении кобальта выделяется кислород.

В настоящее время в мире постоянно ведутся поиски новых катодных материалов, а так же материалы способные заменить кобальт. Среди них – оксиды марганца и никеля, а так же железо фосфат лития (LiFePO_4), который уже получил достаточно широкое распространение в электротранспорте и электроинструментах.

Заключение

Совсем недавно считалось, что литий-ионные аккумуляторы являются наиболее дорогими из доступных на рынке. Совершенствование технологии производства и замена оксида кобальта на менее дорогие материалы привело к значительному уменьшению их стоимости в течение прошедших нескольких лет. На данный момент только свинцово-кислотные аккумуляторы дешевле, чем литий ионные аккумуляторы. Поэтому в настоящее время первоочередной задачей является разработка ещё более ёмких, надежных, дешевых и более безопасных активных материалов для литий-ионных аккумуляторов для использования в крупномасштабной энергетике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулова Т.Л. , «Новые электродные материалы для литий-ионных аккумуляторов (обзор)», ЭЛЕКТРОХИМИЯ, 2013, том 49, №1, с. 3-28.
2. Литиевые аккумуляторы [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://powerinfo.ru> свободный. – Загл. с экрана.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Агеев А.Ю., Концевой Г.Г., Сакирко С.С.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,

г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65

AYAgeyev@mephi.ru

Энергосбережение стоит в ряду самых важных задач настоящего времени. В России энергосбережение отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности, и реальным способом сохранения высоких доходов от экспорта углеводородного сырья.

Требуемые для внутреннего развития страны энергоресурсы могут быть получены не только за счет увеличения добычи сырья и строительства новых энергообъектов. С меньшими затратами это может быть сделано за счет энергосбережения непосредственно в центрах потребления энергоресурсов – на промышленных предприятиях, в жилищно-коммунальном хозяйстве больших и малых поселений.

За последние годы в России разработана нормативная законодательная база энергосбережения на всех уровнях власти. С 23 ноября 2009 г. действует Федеральный закон Российской Федерации от № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В Томской области в порядке реализации Указа Президента РФ от 04.06.2008 №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» разработана комплексная «Программа повышения энергетической эффективности экономики Томской области». Цели энергосбережения совпадают и с другими целями развития муниципальных образований, такими как улучшение экологической обстановки, повышение экономичности систем энергоснабжения и др. Снижение потребления позволяет обеспечивать подключение новых потребителей при минимальных капитальных затратах на развитие инфраструктуры и снимает проблемы выделения земельных участков под новое строительство объектов генерации, отчуждение санитарно-защитных зон и т.д., что в целом положительно сказывается на градостроительном развитии.

Решение задач повышения энергоэффективности на сегодняшнем этапе, когда существует большой резерв малозатратных мероприятий, также совпадает с большинством стратегических целей государства и хозяйствующих субъектов.

Решение задач повышения энергетической эффективности объектов возможно только при условии наличия полной и достоверной информации об уровнях потребления энергоресурсов. Эффективный способ получения

такой информации – построение автоматизированной системы учета энергоресурсов (АСУЭ).

Основной целью различных АСУЭ, как измерительных систем учета энергии, является получение достоверной информации о количестве произведенной, переданной, распределенной и потребленной энергии и мощности на оптовом и розничном рынке. Эта информация позволяет: производить финансовые расчеты между участниками рынка; управлять режимами энергопотребления; определять и прогнозировать все составляющие баланса электроэнергии (выработка, отпуск с шин, потери); выполнять финансовые оценки процессов производства, передачи и распределения энергии; контролировать техническое состояние систем учета энергии в установках и соответствие их требованиям нормативно-технических документов.

При разработке АСУЭ соблюдается ряд принципов, одним из которых является реализация системы на базе серийно выпускаемых технических средств и программного обеспечения. Например, в состав технических средств АСУ электроэнергии должны входить:

- счетчики энергии, оснащенные датчиками-преобразователями, преобразующими измеряемую энергию в пропорциональное количество выходных импульсов или цифровой код;
- устройства сбора и передачи данных (УСПД), обеспечивающие сбор информации от счетчиков и передачу ее на верхние уровни управления;
- каналы связи с соответствующей каналообразующей аппаратурой для передачи измерительной информации;
- средства обработки информации (как правило, персональные ЭВМ).

На каждом уровне АСУЭ решаются свои технологические и коммерческие задачи, происходит обмен измерительной информацией с выше- и нижестоящими уровнями системы, создается база данных, в которой производится хранение и обработка собранной информации.

В рамках данной концепции удобно осуществляется поэтапный ввод АСУЭ в промышленную эксплуатацию, исходя из приоритетности решаемых задач и наличия технических и финансовых средств. Именно по такому принципу создается и внедряется АСУЭ зданий, используемых Северским технологическим институтом (СТИ) НИЯУ МИФИ.

В настоящее время имущественный комплекс СТИ НИЯУ МИФИ состоит из трёх объектов: главный корпус, второй корпус, студенческое общежитие. Определенные мероприятия в направлении создания систем учета энергоресурсов в данных здания уже проведены. В частности, во всех зданиях установлены приборы учета тепловой энергии, являющейся самым дорогостоящим видом энергоресурсов.

Следующим этапом создания комплексной АСУЭ может являться формирование полных локальных АСУЭ (ЛАСУЭ), расположенных в каждом здании и имеющих следующую структуру:

- счетчики всех видов энергоресурсов;
- устройства сбора и передачи данных (УСПД) - сумматоры, мультиплексоры и другие;
- сервер опроса УСПД - ЭВМ, соединенная с УСПД или счетчиками энергии (если они имеют соответствующий интерфейс); на ЭВМ устанавливается специализированное ПО, способное принимать данные от УСПД и сохранять их в базе данных результатов измерений;
- необходимые рабочие места специалистов - ЭВМ, подключенные к локальной вычислительной сети (ЛВС) института, в которой находится сервер опроса УСПД и сервер баз данных (БД). В этом случае сервер опроса УСПД и сервер БД определяются как узел локальной АСУЭ. Как вариант, возможна организация удаленных рабочих мест. ЛВС АСУЭ, как правило, имеет топологию «звезда» или «общая шина» и строится с использованием стандартных технических и программных средств.

Выбор технических средств для построения ЛАСУЭ определяется, в первую очередь, количеством измерительных каналов системы. Вариант структуры АСУЭ для главного корпуса СТИ НИЯУ МИФИ представлен на рис. 1. При построении относительно небольшой системы с высокими требованиями к погрешности результата измерения ЛАСУЭ обычно строится на базе относительно дорогих интеллектуальных датчиков. При построении ЛАСУЭ с числом измерительных каналов до нескольких сотен более дешевыми оказываются системы, построенные на базе счетчиков, оснащенных числоимпульсным телеметрическим выходом, и стандартных УСПД.

При построении ЛАСУЭ с числом измерительных каналов порядка тысячи возникают проблемы с организацией передачи значительного объема измерительной информации по относительно небольшому числу линий связи. Для повышения производительности передачи измерительной информации в таких случаях применяют линии связи с уплотнением измерительной информации до ее архивирования в УСПД. Для уплотнения измерительной информации между счетчиками потребляемых энергоресурсов и УСПД включают устройства сбора данных (УСД), осуществляющие прием измерительной информации от ряда счетчиков системы, накопление этой информации в течение 10-15 с и передачу накопленной информации в цифровой форме на УСПД системы. На завершающем этапе построения системы необходимо будет организовать сбор и обработку данных от нескольких локальных АСУЭ отдельных зданий.

Таким образом, будет создана многоуровневая система. Верхние уровни этой системы будут образованы узлами, соединенными между собой линиями связи, содержащими соответствующую каналообразующую аппаратуру. Обычно такие системы строятся на принципах организации сетей Интернет и Интранет.

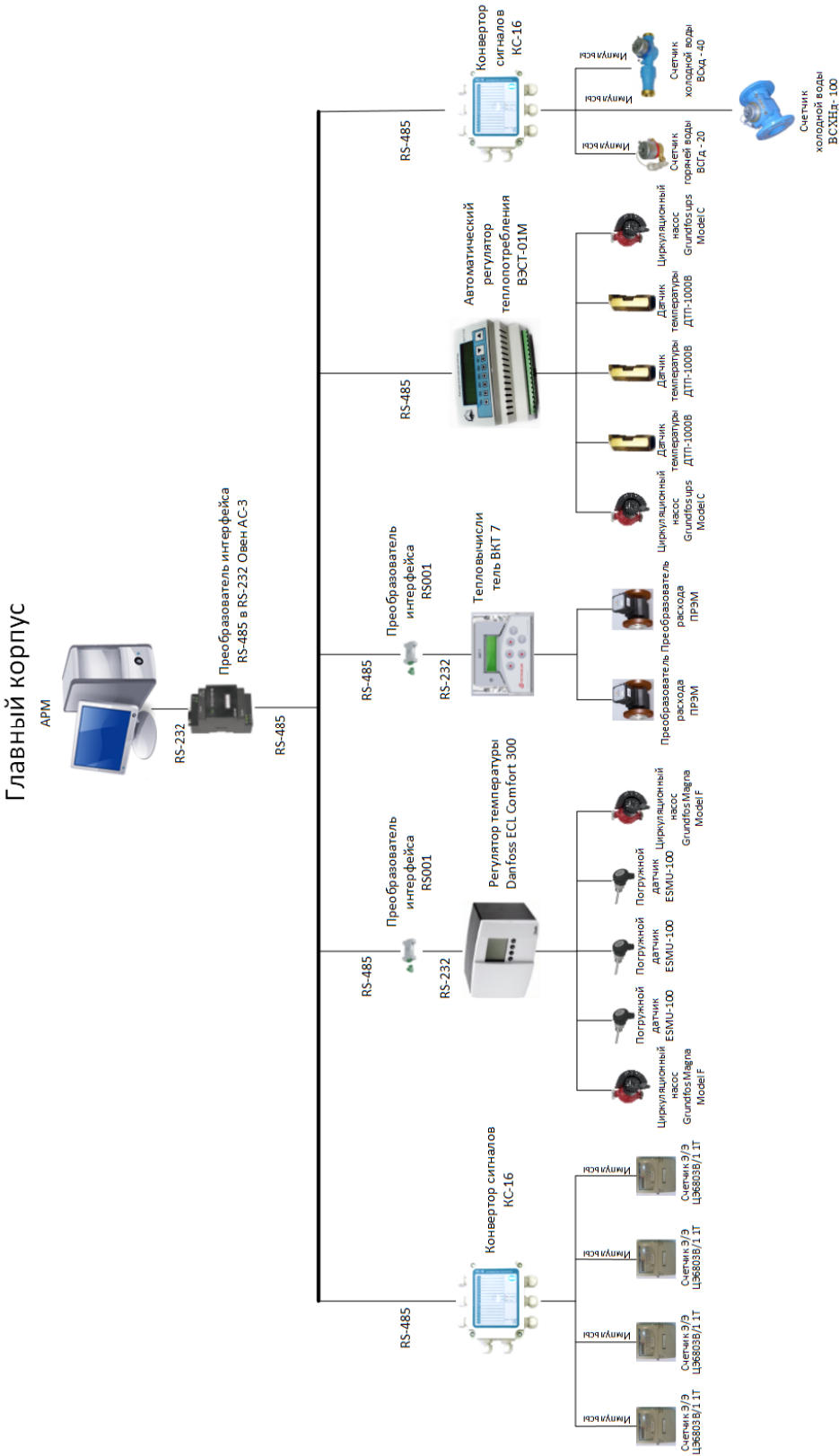


Рис. 1. Примерная структура АСУЭ главного корпуса СТИ НИЯУ МИФИ

Необходимо выполнение ряда требований к форматам представления измерительной информации, протоколам обмена и базам данных, в числе которых можно назвать: универсальный формат представления данных; согласованный протокол обмена данными; единую систему описания (кодировки) результатов измерений и вычислений; возможность организации взаимодействия между узлами АСУЭ; открытость протоколов обмена данными физического уровня и уровня приложения между ЭВМ и УСПД и счетчиками в локальной АСУЭ; наличие описания структуры и особенностей реализации базы данных локальной АСУЭ; наличие подробного описания принципов функционирования всех компонентов АСУЭ - как аппаратных, так и программных.

Основным источником измерительной информации в любой АСУЭ является ее нижний уровень – первичные преобразователи. Поэтому точность и достоверность результатов измерений обеспечиваются, в первую очередь, показателями качества и точностными характеристиками измерительных устройств, используемых в составе АСУЭ.

Другой весьма значимый для АСУЭ показатель - погрешность передачи информации по линиям связи АСУЭ. Например, при использовании в составе АСУЭ счетчика электрической энергии, оснащенного телеметрическим выходом, информация об измеряемой электрической энергии передается по линии связи в виде последовательности импульсов, частота следования которых пропорциональна измеряемой электрической мощности. Погрешность передачи информации проявляется в этом случае как погрешность счета импульсов вследствие наличия помех и тепловых шумов в линии связи. В случае передачи измерительной информации в цифровой форме от счетчика электрической энергии с цифровым выводом эта информация кодируется двоичным кодом. В передаваемом сообщении каждый бит информации представлен соответствующим сигналом. Приемник измерительной информации регистрирует наличие или отсутствие сигнала и тем самым - каждый передаваемый бит сообщения. Вследствие наличия помех и тепловых шумов в линии связи передаваемый сигнал также может быть искажен.

Автоматизированная система учета энергоресурсов, построенная с учетом изложенных принципов, обеспечит полноту информации о потреблении имущественным комплексом СТИ НИЯУ МИФИ всех видов энергоресурсов, а также создаст основу для практической реализации мероприятий по снижению уровней потребления и повышению энергетической эффективности используемых зданий.

ЛАБОРАТОРНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОГО ТВЕРДОФАЗНОГО СИНТЕЗА ПОРОШКОВ

Кербель Б.М., Агеев А.Ю., Паюсов А.Ю., Лохтина Л.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65, Arkadiji@sibmail.com

В настоящее время одним из перспективных направлений развития транспортных средств является всемерное снижение эмиссии диоксида углерода. Наиболее значимые результаты при этом достигнуты в автомобилестроении и в разработке летательных аппаратов благодаря использованию эффективных аккумуляторных установок. Возможность дальнейшего успешного продвижения в данном направлении напрямую зависит от наличия долговечных, безопасных, дешевых и надежных источников энергии.

Одним из видов таких источников являются литий-полимерные аккумуляторы (ЛПА). Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы при одинаковом весе превосходят по энергоемкости никелевые (никель-кадмиевые NiCd и никель-металлогидридные Ni-MH) аккумуляторы. К другим положительным отличительным характеристикам ЛПА можно отнести низкий саморазряд, более высокое (по сравнению с никелевыми) напряжение единичного элемента, небольшие габаритные размеры - толщина элементов от 1 мм, возможность получать гибкие конструктивные формы.

Конструкции ЛПА совершенствуются по нескольким направлениям, одним из которых является поиск наиболее эффективных покрытий для электродов аккумулятора. В производстве ЛПА, например, используются нанопорошки, получаемые путем высокотемпературного запекания по так называемой технологии непрерывного твердофазного синтеза (НТС). Эта технология позволяет синтезировать оксидные материалы ультра- и наноуровня в виде макрообъектов, формируемых путем самосборки в одном технологическом процессе из частиц размером до 100 нм [1, 2]. Технология НТС позволяет получать практически любые оксидные материалы: ферриты, полупроводники, позисторы, пьезоэлектрики, люминофоры, высокотемпературные сверхпроводники, конструкционные и конденсаторные материалы.

Одним из определяющих моментов в реализации технологии НТС является обеспечение требуемого температурного режима в рабочей зоне печи. Проведенные исследования показали, что температура синтеза оказывает превалирующее влияние на дисперсность синтезируемой фазы. Именно поэтому критическим условием протекания технологического процесса производства нанопорошка является строгое соблюдение

температурного режима на протяжении всего цикла запекания и обеспечение безградиентного температурного поля в рабочей зоне печи.

Проведено аналитическое исследование пространственно-временного изменения температурного поля, характерного для рассматриваемого технологического процесса,

$$T = f(x, y, z, \tau), \quad (1.1)$$

где T – температура; x, y, z – пространственные координаты в декартовой системе; τ – время; f – обозначение функции, определяющей зависимость температуры T от координат x, y, z и времени τ .

Выражение (1.1) представляет собой математическое описание нестационарного температурного поля [3], зависящего не только от пространственных координат x, y, z , но и от времени τ .

На некоторых этапах технологического процесса температурное поле можно рассматривать как стационарное

$$T = F(x, y, z), \quad \frac{\partial T}{\partial \tau} = 0. \quad (1.2)$$

В этом случае значение температуры в любой точке поля не изменяется во времени, т.е. является функцией только пространственных координат x, y, z .

Температурные поля (1.1) и (1.2) являются трехмерными, так как являются функциями трех координат.

Принимая во внимание, что температура является скалярной величиной, можно утверждать, что температурное поле является скалярным полем.

Если соединить точки поля, имеющие одинаковые температуры, то получится изотермическая поверхность. Очевидно, что вдоль изотермической поверхности температура не изменяется. Наибольшее изменение температуры на единицу длины происходит в направлении нормали n к изотермической поверхности и характеризуется градиентом температуры, представляющим собой вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры

$$\text{grad } T = \left(\vec{l}_n \right) \frac{\partial T}{\partial n},$$

где $(\vec{l}_n)$ – единичный вектор, направленный по нормали в сторону возрастания температуры; $\frac{\partial T}{\partial n}$ – производная температура по направлению нормали n к изотермической поверхности.

Градиент температуры $\text{grad } T$ обозначают также символом ∇T . Составляющие градиента температуры по осям декартовой системы координат равны соответствующим частным производным

$$\text{grad } T \equiv \nabla T = l_x \frac{\partial T}{\partial x} + l_y \frac{\partial T}{\partial y} + l_z \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (1.3)$$

где $1_x, 1_y, 1_z$ – ортогональные между собой векторы единичной длины, направленные вдоль осей x, y, z соответственно; $\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z}$ – частные производные температуры $T(x, y, z, \tau)$ по координатам x, y, z .

С учетом результатов проведенных теоретических расчетов разработано техническое задание и изготовлена лабораторная электрическая печь, позволяющая проводить исследование различных аспектов технологии НТС [4].

При использовании высокотемпературных печей с горизонтальным расположением рабочей камеры в процессе загрузки и выгрузки материала имеют место значительные тепловые потери, зачастую исключаящие возможность поддержания стабильной температуры в рабочей зоне печи. Для устранения этих недостатков разработанная печь имеет шахтную конструкцию, особенностью которой является вертикальное расположение рабочей камеры.

Электropечь представляет собой цилиндрический корпус (рис.1), расположенный на стойке из профильной трубки и обшивки из листового металла. В правой стойке размещен блок управления печью. Рабочая камера печи выполнена из керамической трубы, вокруг которой закреплен нагреватель в виде спирали из термостойкой проволоки. Для более точной настройки температуры в рабочей камере предусмотрены верхний и нижний уровни нагрева. В нижней части рабочей камеры расположена пластина из теплоемкого материала, которая помогла отказаться от спиральных нагревателей в этой части печи, а также исключить возможность перегрева в этой области.



А) Общий вид печи



Б) Рабочая камера

Рис.1. Разработанная лабораторная печь

Мощность печи составляет 3 кВт, питание предусмотрено от однофазной сети 50 Гц. Максимальная рабочая температура – до 1400°C. Для измерения температуры используется две термопары ТПП типа.

Печь оснащена микропроцессорным регулятором температуры, реализующим функции измерения, отображение и регулирования температуры [5]. Функциональная схема регулятора представлена на рис.2.

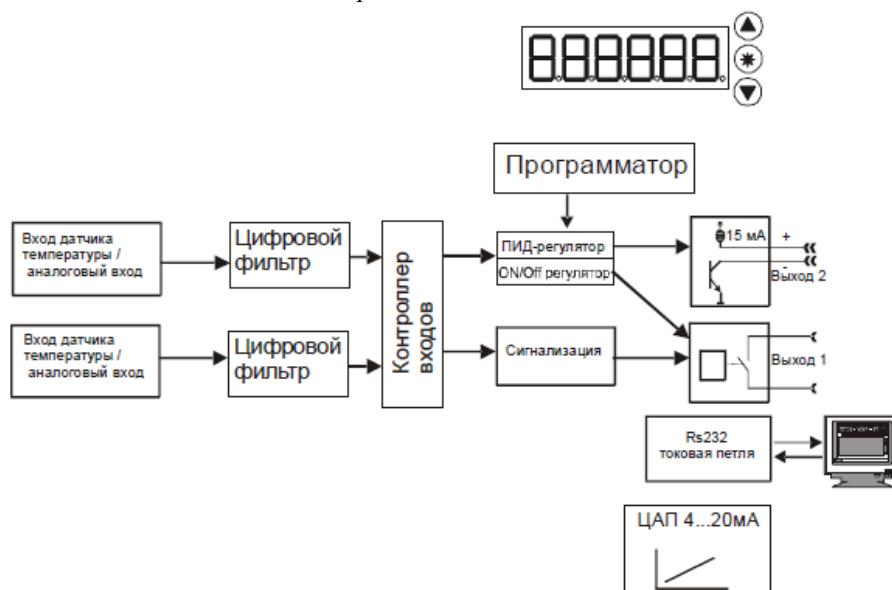


Рис.2 Функциональная схема микропроцессорного регулятора печи

Контроллер регулятора получает аналоговые сигналы со входов датчиков температуры, оцифровывает сигнал с высокой точностью и преобразует, в соответствии с выбранной таблицей преобразования, в значения температуры. Данные значения могут отображаться на цифровом дисплее. На основе текущих значений по входу и заданных значений температур, а также заданных значений коэффициентов регулирования ведется регулирование температуры либо ПИД регулятором, либо on/off (включено/выключено) регулятором. Все параметры регулятора доступны для чтения с управляющего компьютера по линии связи. При работе программатора, на основе данных записанных в программе, программатор автоматически изменяет заданную температуру.

Предусмотрена возможность формирования П, ПИ и ПИД законов регулирования. Связь печи с компьютером осуществляется посредством стандартного последовательного интерфейса стандарта RS-232.

Благодаря использованию микропроцессорного регулятора возможно программное управление уровнем температуры в рабочей зоне печи. Это необходимо для постепенного, с заданными периодами выдержки, вывода печи на значительные температуры. Пример такого режима представлен на рис. 3.

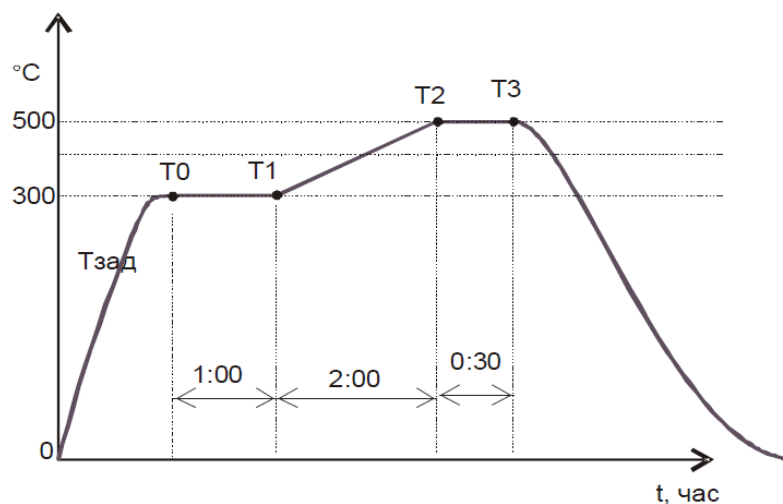


Рис. 3 График вывода печи на высокие уровни температуры

В разработанной лабораторной печи шахтного типа учтены все условия, необходимые для создания безградиентных температурных полей в рабочей зоне. Это позволяет проводить исследования различных стадий процесса непрерывного твердофазного синтеза нанопорошков. Печь оборудована автоматизированной системой управления, отображения и регулирования режимов работы, а также рабочим местом оператора на базе современного компьютера, что обеспечивает эффективную обработку и анализ получаемых результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М. Установка непрерывного твердофазного синтеза ультра- и наноструктурных порошков оксидных материалов в условиях реального керамического производства. // Цветные металлы, №1, 2012.-с.75-78. ISSN 0372-2929/
2. Кацнельсон Л.М., Кербель Б.М., Непрерывный твердофазный синтез ультра- и наноструктурных порошков оксидных материалов для производства высококачественной функциональной керамики. // Цветные металлы, №1, 2012. – с. 70-74. ISSN 0372-2929
3. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики. Учеб. пособие для мех.-мат. фак. ун-тов. М.: Высшая школа, 1970. -712с.
4. Электрод печь камерная ИТМ 3.1350. Паспорт. ООО «ИТМ», г.Томск, 2013.
5. Регулятор температуры микропроцессорный РПН-4. Руководство по эксплуатации. ООО «ИТМ», г.Томск, 2013.

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ДАТЧИК СКОРОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Козлова Л.Е., Тимошкин В.В., Глазырин А.С.

Томский политехнический университет, 634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail:kozlovale@tpu.ru

В последнее время все большее внимание уделяется искусственным нейронным сетям (ИНС). ИНС может решать такие задачи как оптимизация, фильтрация, идентификация динамических систем и управление ими, аппроксимация функций, предсказание (прогноз) и т. д.

Целью исследовательской работы являлось построение нейроэмулятора - датчика скорости двигателя постоянного тока (ДПТ), определение параметров и обучение ИНС, проверка правильности работы нейроэмулятора.

При построении ИНС были определены виды входных сигналов сети, количество нейронов в скрытом слое, методика обучения сети и ее структура. Выходным сигналом сети являлась оценка скорости ДПТ.

Для обучения ИНС использовался тренировочный набор, состоящий из тока, напряжения и их задержки, задержка по скорости на период дискретизации $\Delta t = 1.037 \cdot 10^{-4}$ с. Величина тренировочного набора составляет 1930 выборок.

Параметры моделируемого двигателя представлены в таблице [4].

Таблица. Параметры двигателя 2ПФ200ЛУХЛ4

P_H , кВт	U_H , В	$R_{Oя}$, Ом	$R_{ДП}$, Ом	$L_{ДВ}$, мГн	n_H , $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	$n_{\text{макс}}$, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	η , о.е.	$J_{ДВ}$,
15	220	0,125	0,08	4,6	750	2500	0,825	0,3

Таким образом, была составлена ИНС вида 5–7–1. На рис. 1 представлена структурная схема ИНС. Нейронная сеть моделировалась и обучалась в программе Matlab 7.1/Simulink. Архитектура нейронной сети: трехслойная сеть; первый слой – 5 нейронов с единичной линейной функцией активации, второй слой – 7 нейронов с функцией активации tansig; третий слой – 1 нейрон с функцией активации purelin; диапазон изменения входа [0 580.55; 0 580.55; 0 220; 0 220; -1.2 79.053]. Обучение ИНС производится по алгоритму Левенберга – Марквардта:

```
net=newff([0 580.55; 0 580.55; 0 220; 0 220; -1.2 79.053], [7 1], {'tansig', 'purelin'}, 'trainlm');
```

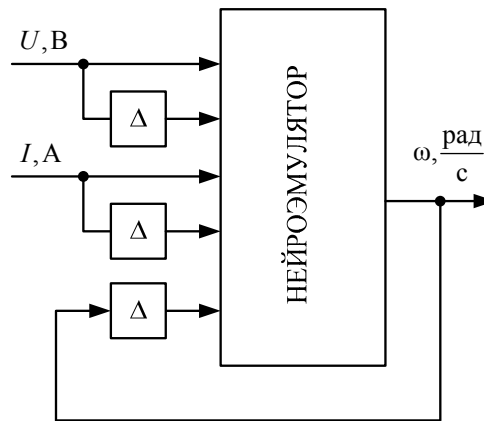


Рис. 1. Структурная схема нейроэмулятора (5 - 7 - 1)

Установленные параметры обучающей процедуры:

```
>> net.trainParam.epochs=500;
>> net.trainParam.show=10;
>> net.trainParam.goal=0.000005;
>> [net,tr]=train(net,T,w);
>> gensim(net)
```

На рисунке 2 представлен график изменения ошибки обучения в зависимости от числа выполненных циклов обучения.

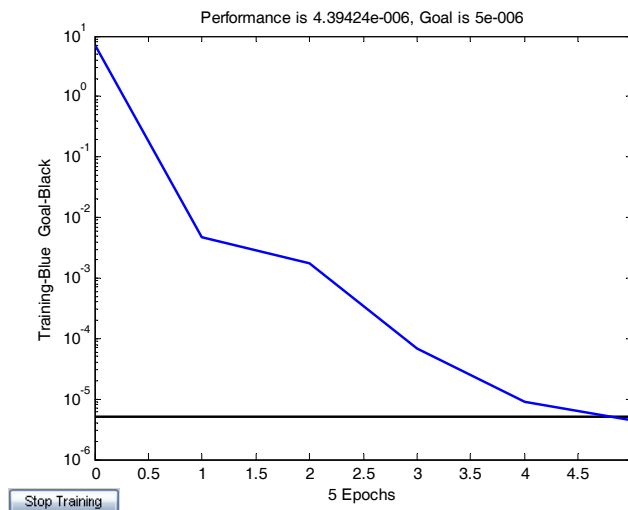


Рис. 2. График изменения ошибки обучения в зависимости от числа выполненных циклов обучения

Как видно из рисунка 2, для обучения ИНС потребуется всего 5 циклов. Этот алгоритм обучения является самым быстродействующим и используется для обучения больших нейронных сетей с несколькими сотнями настраиваемых параметров.

При обучении ИНС сформировались веса и смещения, характеризующие обучение сети. Проверка работоспособности

проводилась в программе Mathcad, результаты которой представлены на рис. 3 и 4.

На рис. 3 приведены кривые скорости по тренировочному набору $\omega_{\text{ТН}}$ и скорость, реализуемый ИНС после обучения, $\omega_{\text{ИНС}}$. Величина ошибки меньше 1 % в установившемся режиме. Начало обучения ИНС характеризуется большой ошибкой.

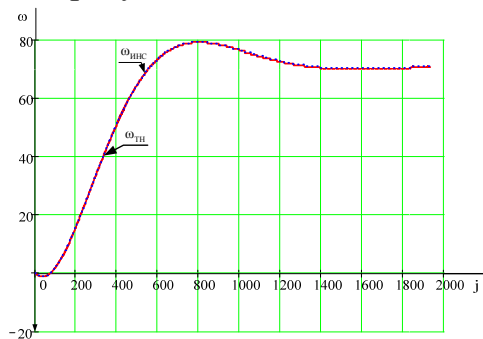


Рис. 3. Сравнительная характеристика

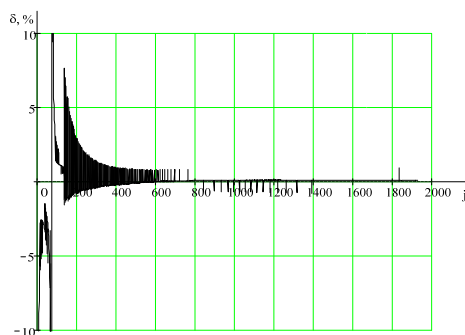


Рис. 4. Кривая ошибки обучения ИНС

В результате проведения исследований можно сделать вывод, что ИНС удовлетворительно эмулирует работу датчика скорости ДПТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети: Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 382 с.
2. Хайкин, Саймон. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. / С. Хайкин. – 2-е изд., испр. – М. [и др.]: Вильямс, 2006. – 1103 с.
3. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6/ Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 496 с.
4. Удут Л. С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие / Л. С. Удут, Н. В. Кояин, О. П. Мальцева; Томский политехнический университет; Институт дистанционного образования. – Томск: Изд-во ТПУ, 2000-2004.

РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОТОКА ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ

Леонов С.В., Полунин Д.В., Мельничук О.В.

НИЯУ МИФИ «Северский технологический институт»
636036, Томская обл., г. Северск, пр. Коммунистический, 65,
SVLeonov@tpu.ru

В работе описывается расчет высокоэффективных электромеханических систем, с учетом оптимизации массогабаритных показателей и концентрации основного магнитного потока в пределах активной зоны магнитной системы.

При проектировании электромеханических систем, содержащих высококоэрцитивные постоянные магниты, часто ключевой задачей является минимизация массогабаритных показателей при конструировании новых высокоэффективных магнитных систем. Согласно общепринятым современным представлениям о физике магнитных полей, ряд положений данной задачи несовместимы без исследования вопросов распределения магнитных потоков рассеяния в электромеханическом устройстве и применения нестандартных принципов построения магнитопровода, особенно в случаях синтеза малогабаритных магнитных систем.

С другой стороны, исходные данные к проекту электромеханической системы весьма разнообразны по физическому содержанию, размерности и функциональным свойствам. Поэтому большой интерес, естественно, представляет выяснение потенциальных возможностей исследуемого типа систем в разнообразном и широком диапазоне изменения их линейных параметров и конструкционных материалов. Установление же наилучшего в определенном смысле варианта представляет собой задачу оптимального проектирования.

Первоначально необходимо определиться с выбором метода оптимизации среди апробированных в проектировании электрических машин. На данном этапе сложно провести сравнительную оценку разных способов оптимизации из-за использования их в разработке различных типов электромеханических преобразователей для различных функций цели и ограничений. Тем не менее, можно отметить, что в условиях отсутствия математического описания объекта оптимизации целесообразно использование безградиентных методов. Поэтому в работе используется одна из разновидностей методов случайного поиска - метод наилучшей пробы, графическая интерпретация которого представлена на рисунке 1.

Применительно к оптимизационным расчетам электромеханических систем:

$x^0 = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_n]$ – набор из n параметров, описывающих геометрию исходного варианта магнитной системы (начальный вариант);

y^j – семейство новых M наборов параметров геометрии, получаемых путем использования M случайных векторов ξ размерностью n (ξ_n).

Значения $f(y^m)$ получаются путем сравнения результатов, найденных при вычислении критерия оптимальности для каждого набора, входящего в семейство y^j , и выбора того варианта, при котором значение целевой функции максимально.

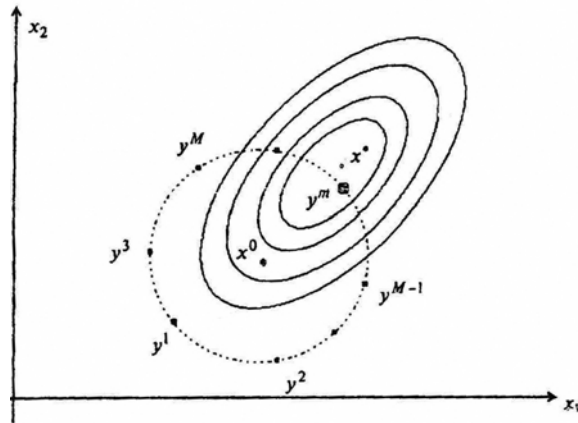


Рис. 1. Графическое представление случайного поиска

Поскольку функция ограничения $F_{огр}(X)$ сложным нелинейным образом зависит от параметров системы, в любом случае необходимо найти эту связь в виде некоторой математической модели, адекватность которой должна быть достаточно высокой.

Для большинства электромеханических систем с постоянными магнитами важно иметь величину и закон изменения проводимости потоков рассеяния в функции положения подвижных частей магнитной системы. Такую оценку можно получить, если известна объемная картина распределения магнитных потоков в области, охватывающей магнитопровод.

Поле в электромеханическом преобразователе распределено в различных средах (магнитопровод, воздушные зазоры, электропроводящие материалы и диэлектрики и т. п.), которые имеют сложную геометрическую конфигурацию поверхностей раздела. Учитывая это, а также нелинейность свойств магнитной среды, трехмерность очертаний электрических машин, можно представить, что расчет с помощью системы Максвелла в полном объеме практически невозможен даже при использовании наиболее мощных современных ЭВМ.

Благодаря декомпозиции общая модель во многих случаях сводится к моделям, описываемым уравнениями Пуассона или Лапласа. Для магнитного поля в воздушном зазоре машины с неподвижной конфигурацией (решение статической задачи) уравнения имеют вид:

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{j} \quad , \quad \text{div}\vec{B} = 0 \quad , \quad \vec{B} = \mu_0 * \vec{H} \quad (1)$$

Именно эта система положена в основу ряда численных методов, на базе которых составлены машинные программы, являющиеся коммерческим продуктом.

Сразу же отметим, что широко распространенные методы конечных разностей, конечных элементов, граничных элементов и т. д. обладают "избыточной универсальностью". Однако, как показывает опыт, попытки их использования, особенно для анализа электрических машин с учетом глубокого насыщения ферросред, а также принципиально объемного характера магнитных полей и неоднородности структур в аксиальном направлении приводят к затратам вычислительного времени, несоразмерным с достигаемой точностью.

Другой подход к решению системы (1) связан с использованием закона Био - Савара, который определяет напряженность магнитного поля $\vec{H}_c$ в произвольной точке p , создаваемую токонесущими элементами, расположенными в объеме V :

$$\vec{H}_c(p) = \frac{1}{4\pi} \iiint_V \frac{(\vec{j} \times \vec{r}_{qp})}{|\vec{r}_{qp}|^3} dV \quad (2)$$

или напряженность $\vec{H}_m$ в произвольной точке p , создаваемую магнитным материалом намагниченностью $\vec{M}$, занимающим объем V :

$$\vec{H}_m(p) = -\frac{1}{4\pi} \iiint_V \frac{\vec{M} * \vec{r}_{qp}}{|\vec{r}_{qp}|^3} dV \quad (3)$$

В (2) и (3) $\vec{r}_{qp}$ - радиус-вектор, направленный из элемента dV в точку p , в которой требуется определить $\vec{H}$.

Это позволяет учитывать реальное распределение тока в обмотках статора машины, нелинейные свойства ферромагнитных элементов конструкции и дает возможность рассчитывать статические режимы электромеханических систем. Именно поэтому в работе использован один из способов реализации второго подхода к решению (1) - метод пространственных интегральных уравнений.

При таком подходе выражение для сил с учетом использования аппроксимации в виде кусочно-постоянных распределений векторов намагниченности по объемам ферромагнитных деталей, принимает вид:

$$\vec{F} = \mu_0 \sum_{j=1}^N \int_{S_j} (\vec{n}_j \vec{M}_j) \vec{H}_1 dS \quad , \quad (4)$$

где индекс j указывает на принадлежность параметра к j - му элементарному объему, а суммирование производится по N -объемам, составляющим группу деталей магнитной системы, $\vec{H}_1$ - напряженность

поля от источников, расположенных вне поверхности S , $\vec{n}$ – внешняя нормаль.

Формула (4) имеет простую структуру, однако алгоритм расчета предусматривает интегрирование по всем ограничивающим элементарные объемы поверхностям функций напряженности или индукции магнитного поля, которые в свою очередь сами вычисляются по интегральным формулам.

Формальный прием, позволяющий получить выражения для усилий (моментов) через параметры поля, состоит во введении вспомогательных поверхностей, разделяющих взаимодействующие группы деталей магнитной системы, на которых помещаются фиктивные источники поля.

Метод разделения области взаимодействия базируется на выводах теории потенциала и интегральных законах векторного анализа, в частности теореме Грина, связывающей объемные интегралы по области V и поверхностные по границе S_r этой области.

Разработанный пакет программ проектирования электромеханических устройств состоит из расчетных исполняемых модулей и программы, обслуживающей эти модули, с современно интуитивно понятным интерфейсом. Контекстно-зависимое меню значительно упрощает взаимодействие пользователя с программой.

Для примера рассмотрим конструкцию герметичной магнитной муфты. Для повышения эффективности магнитной системы в конструкции применяется полумуфта с призматическими магнитами с тангенциальным намагничиванием, поскольку такое расположение магнитов позволяет получить концентрацию магнитного потока и, следовательно, увеличить момент электромеханического устройства (рис.2).

Такая конструкция магнитной муфты позволяет получить рабочую индукцию в зазоре B_δ не меньше индукции на поверхности магнита [1, 2, 3]. Это позволяет повысить энергоэффективность магнитной системы, особенно, при использовании высококоэрцитивных постоянных магнитов.

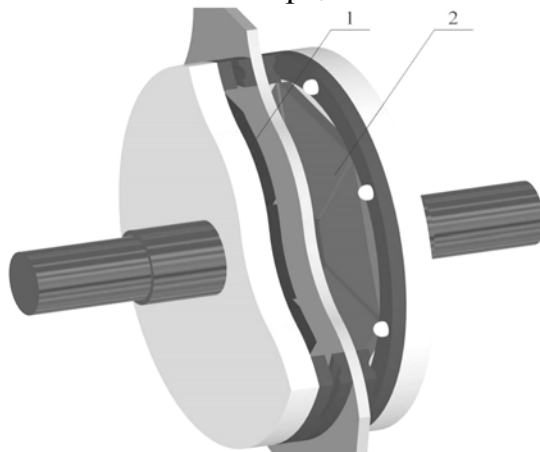


Рис. 2. Геометрия магнитной муфты: 1 – полумуфта; 2 – полюс полумуфты

С помощью созданной нами компьютерной модели выполнен ряд теоретических исследований, направленных на изучение вопросов влияния геометрии и свойств материалов на эффективность концентрации магнитного потока.

На рисунке 3 приведено распределение индукции магнитного поля вдоль активной части полюсной системы полумуфты. На основании исследований различных конфигураций геометрии полюса полумуфты можно сделать следующие выводы:

1) применение принципов концентрации магнитного потока дает возможность существенно увеличить (более 50%) индукцию магнитного поля в воздушном зазоре, а значит и интегральные характеристики магнитной системы;

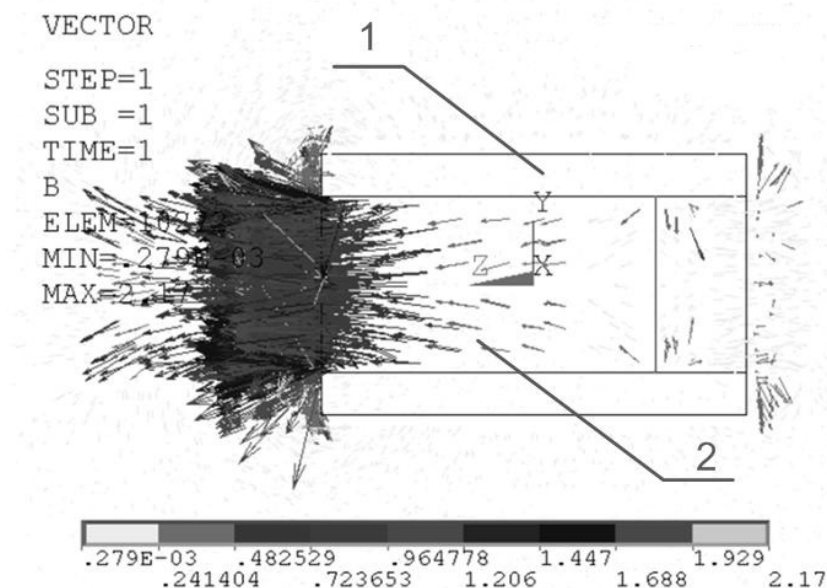


Рис. 3. Концентрация магнитного потока в основании полюса магнитной муфты
1 – постоянный магнит; 2 – магнитомягкий ферромагнетик

2) неравномерное распределение индукции вдоль полюса (большие значения в области основания полюса и меньшие в области ярма полумуфты) определяет задачу выбора эффективной геометрии с максимальными магнитными характеристиками;

3) необходимо в целом определить рациональность применения ярма, т.к. согласно (рис.3) магнитное поле в данном элементе магнитной системы практически отсутствует.

На рисунке 4 приведен график момента герметичной магнитной муфты M_d для нескольких значений внешнего диаметра D .

Далее был проведен уточняющий расчет характеристик герметичной магнитной муфты под три основных типоразмера исполнительных механизмов. Выполнен поиск наиболее эффективных значений геометрических характеристик полюсной системы с позиций получения максимального момента на валу электрической машины.

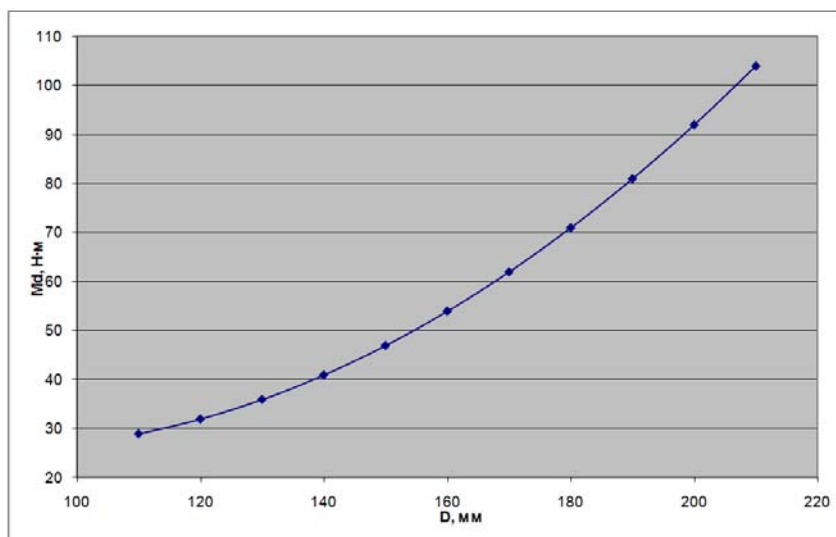


Рис. 4. Электромагнитный момент при изменении внешнего диаметра муфты

В заключении необходимо отметить, что результаты теоретических исследований были подтверждены экспериментом с получением следующих характеристик (см. рис.4): диаметр магнитной муфты 200 мм; максимальный крутящий момент 92 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины: учебное пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 416 с.
2. Вопросы исследования трехмерного магнитного поля электрических машин с аксиальным магнитным потоком / С.В. Леонов, О.П. Муравлев, В.Е. Калаев и др. // Изв. вузов Электромеханика. 2004. №5. С.8-12.
3. Исследование герметичной синхронной машины дискового типа / С.В. Леонов, О.П. Муравлев, А.Л. Федянин и др. // Изв. вузов Электромеханика. 2006. №3. С.23-25.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕРМЕТИЧНОЙ МАГНИТНОЙ МУФТЫ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ МАГНИТНОГО ПОТОКА

Леонов С.В., Полунин Д.В., Мельничук О.В.

НИЯУ МИФИ «Северский технологический институт»
636036, Томская обл., г. Северск, пр.Коммунистический, 65
SVLeonov@tpu.ru

В данной статье рассматривается задача моделирования вращающихся узлов герметичных магнитных муфт.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды, улучшения санитарно-гигиенических условий труда на энергетических, химических и нефтехимических производствах при работе с высокотоксичными, агрессивными, пожаро- и взрывоопасными, радиоактивными средами требуется применение приводных механизмов специального исполнения. Если еще десяток лет назад нормы по предельно допустимому содержанию в воздухе пыли, дыма, паров перекачиваемых сред были таковы, что их требованиям удовлетворяло оборудование, допускающее утечки рабочего продукта, сводить их к минимуму стремились путем установки различного рода уплотнительных устройств, то сегодня ситуация изменилась. Даже усиленная вентиляция помещения не обеспечит безопасности в работе, если не будет надежно функционировать уплотнительное устройство технологического оборудования.

Наиболее перспективно в этом плане использование муфт, возбуждаемых высококоэрцитивными постоянными магнитами (рис.1), так как они бесконтактны, высоконадежны, просты в эксплуатации, автономны, не требуют источников электроэнергии для их питания и весьма просты по конструкции.

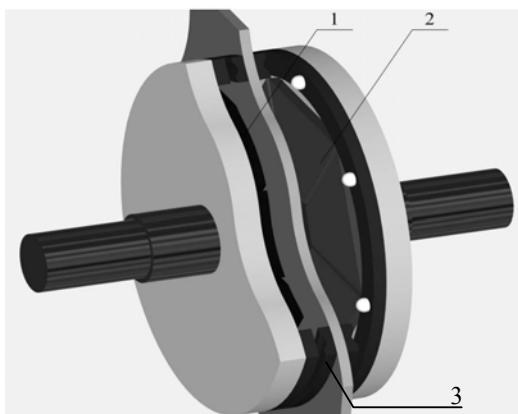


Рис.1. Конструктивная схема муфты с аксиальным магнитным потоком
1 – полюсы ведущей полумуфты, 2 – редкоземельный магнит, 3 – экран.

В цилиндрических муфтах представляется возможным выполнить серию с различной величиной вращающегося момента на базе одного внешнего диаметра с одной и той же геометрией активных частей лишь за счет различных аксиальных (осевых) длин. В торцевых муфтах эти возможности ограничены, так как оптимальная аксиальная длина их функционально связана с наружным диаметром. При большой же шкале моментов серии муфт число опорных внешних диаметров всегда больше у муфт с аксиальным магнитным потоком.

Таким образом, для обеспечения герметичности при передаче момента рабочему механизму, предлагается использовать магнитную муфту торцевого исполнения с высококоэрцитивными постоянными магнитами.

На рисунке 2 приведена конструкция полюсной системы магнитной муфты с концентрацией аксиального магнитного потока. Полюс и ярмо муфты выполнены из электротехнической стали и конструктивно дают возможность сосредоточивать магнитный поток в пределах полюса устройства.

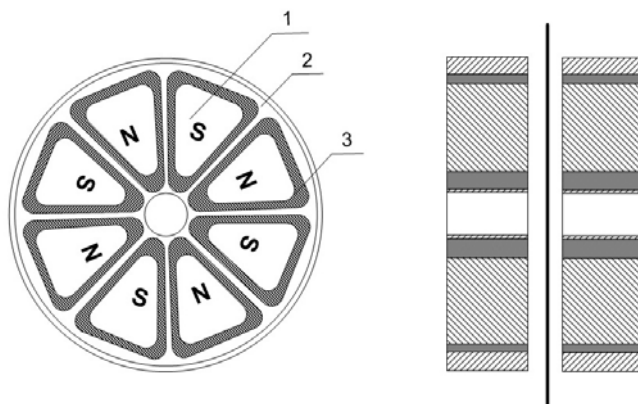


Рис.2. Эскиз полюсной системы магнитной муфты:

1 – полюс магнитной муфты, 2 – ярмо, 3 – радиально намагниченный магнит

В исследуемой конструкции герметичной магнитной муфты (рис.2) синхронное вращение выходному валу передается через сплошную стенку (экран) с помощью магнитного поля, создаваемого системой постоянных магнитов (внутренней и наружной полумуфт). В данном случае применение концентрации магнитного потока дает возможность существенно увеличить величину рабочего воздушного зазора.

По приведенной конструктивной схеме выполнен электромагнитный расчет. Алгоритмическая модель реализована на основе электромагнитной схемы замещения магнитной системы синхронной муфты приведенной на рисунке 3.

На схеме приведены следующие обозначения: F_d – МДС обусловленная действием наведенных в экране электромагнитных токов; J_m – источник магнитного потока, создаваемого высококоэрцитивным

постоянным магнитом; R_d – магнитное сопротивление воздушного зазора; R_{sp} – магнитное сопротивление потоку рассеяния полюсов; R_m – внутреннее сопротивление магнита; R_j – магнитное сопротивление ярма. По расчетной схеме замещения с использованием метода контурных токов составляется система нелинейных алгебраических уравнений, описывающая статические характеристики магнитной муфты. Для расчета статических характеристик магнитной муфты был использован прикладной пакет Matlab.

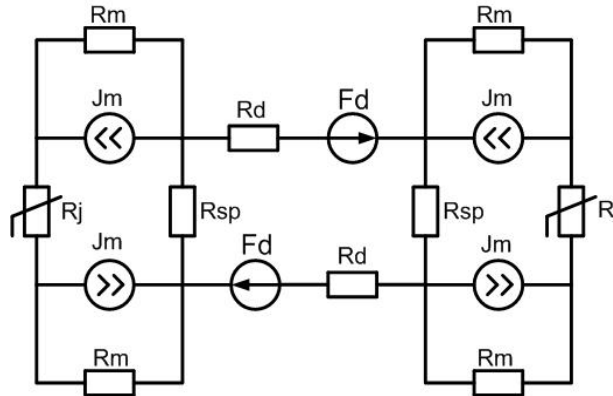


Рис. 3. Схема замещения и система уравнений для расчета полюсной системы муфты

По итогам расчета определены зависимости максимального момента передаваемого муфтой при изменении воздушного зазора и внешних габаритных размеров, а также определены геометрические характеристики которые могут быть выбраны за независимые переменные.

Для нахождения наилучших соотношений геометрических характеристик исследуемой магнитной муфты необходимо применить один из методов оптимизации, позволяющий в результате расчета снизить массогабаритные показатели и определить минимальные габариты постоянных магнитов с заданными механическими характеристиками.

Проанализировав наиболее распространенные алгоритмы и методы оптимизации был выбран метод Монте-Карло для поиска наилучших геометрических характеристик торцевой магнитной муфты с герметизирующим экраном. Данный метод оптимизации направлен на максимизацию заданного параметра за счет подбора произвольных комбинаций.

По своей сути, метод Монте-Карло работает по принципу генерации случайных чисел, поэтому не всегда этот метод найдет значения, которые действительно максимизируют заданный показатель, например, магнитный поток. Тем не менее, метод Монте-Карло сможет быстрее найти лучшие параметры при очень большом количестве оптимизационных параметров, чем метод полного перебора.

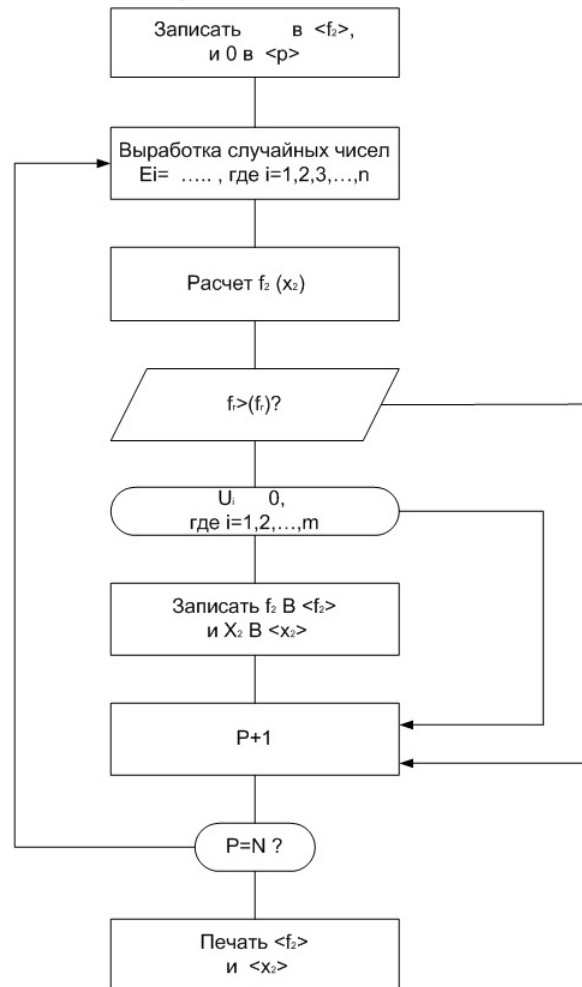


Рис.4 Алгоритм оптимизации геометрических характеристик магнитной муфты

По сравнению с другими методами одним из важных преимуществ метода Монте-Карло считается то, что число независимых переменных может быть неравно числу ограничений.

Для постановки задачи оптимизации необходимо:

- наличие объекта оптимизации и цели оптимизации. При этом формулировка каждой задачи оптимизации должна требовать экстремального значения лишь одной величины, т.е. одновременно системе не должно приписываться два и более критерия оптимизации, т.к. практически всегда экстремум одного критерия не соответствует экстремуму другого;
- наличие ресурсов оптимизации, под которыми понимают возможность выбора значений некоторых параметров оптимизируемого объекта. Объект должен обладать определенными степенями свободы - управляющими воздействиями;
- возможность количественной оценки оптимизируемой величины, поскольку только в этом случае можно сравнивать эффекты от выбора тех или иных управляющих воздействий;

- учет ограничений.

За независимые переменные были приняты такие геометрические размеры как: ширина паза полюсной системы, толщина ярма, размеры полюса, размеры магнита, число пар полюсов. В качестве ограничений приняты такие параметры муфты как: внешний и внутренний диаметр полумуфты, величина воздушного зазора. А в качестве целевой функцией при оптимизации выбрана характеристика максимального момента, при котором муфта гарантированно не выйдет из синхронизма. Обычно оптимизируемая величина связана с экономичностью работы рассматриваемого объекта (аппарат, цех, завод).

При использовании указанного метода необходимо большое количество раз моделировать случайный процесс и определить путем статической обработки значение нужной характеристики. По итогам расчета определены зависимости максимального момента передаваемого муфтой при изменении воздушного зазора и внешних габаритных размеров (рис.2) [1,2,3].

В результате расчета были определены наилучшие геометрические характеристики магнитной системы, при которых конструкция обладает минимальным объемом редкоземельных постоянных магнитов. Также получены наиболее рациональные соотношения воздушного зазора и внешнего диаметра муфты, которые позволяют с наименьшими потерями разместить немагнитную герметичную перегородку в воздушном зазоре синхронной муфты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины: учебное пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 416 с.
2. Вопросы исследования трехмерного магнитного поля электрических машин с аксиальным магнитным потоком / С.В. Леонов, О.П. Муравлев, В.Е. Калаев и др. // Изв. вузов Электромеханика. 2004. №5. С.8-12.
3. Исследование герметичной синхронной машины дискового типа / С.В. Леонов, О.П. Муравлев, А.Л. Федянин и др. // Изв. вузов Электромеханика. 2006. №3. С.23-25.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Филипас А.А., Берестовская Н.А., Карандашов М.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск Томской области, пр.Коммунистический, 65

При автоматизации электропривода производственных механизмов одним из ключевых этапов является получение, математическое моделирование и воспроизведение статических и динамических характеристик производственного оборудования как нагрузки исполнительных механизмов. На этой основе производятся основные расчеты и выбор оборудования, структурный и параметрический синтез систем управления исполнительными механизмами, оптимизация режимов работы и т.д. Предлагаемая система моделирования нагрузки электропривода производственных механизмов предполагает блочно-модульный комплекс, который содержит классификацию, математическое описание и программные модули для различных типов моментов сопротивления. В основу предлагаемого программного комплекса положен принцип декомпозиции, т.е. деления сложных систем на многоуровневые конструкции из взаимосвязанных элементов, объединяемые в подсистемы разных уровней.

Для оптимизации и большего удобства использования программного комплекса предлагается систематизировать классификацию моделируемых моментов сопротивления, причем моменты могут быть представлены функциями с эндогенными или экзогенными переменными, в том числе временем. Данная система моделирования делится на следующие блоки составляющих результирующего момента нагрузки: статические, динамические, стохастические. В свою очередь указанные блоки делятся на типы, в которых учитываются количественные значения, определяющие конкретные параметры производственного механизма. Все приведенные блоки рассмотрим подробнее:

1 Статические:

– постоянный момент задается в долях от номинального, а при необходимости возможно задание задержки.

– ступенчатый момент удобен для задания приближенных нагрузочных диаграмм и задается последовательностью пар- (k_{RGi} , G_{RGi}); либо интервалом зависимой переменной и формулой постоянного (на интервале) момента.

Для получения ступенчатой нагрузки задаемся постоянным моментом, а коэффициенты и условия их выбора задаются в табличной форме.

2 Динамические:

– интегральный момент задается постоянной времени интегрирования.

– аperiodический момент определяется коэффициентом и постоянной времени.

– колебательный момент

– пилообразный момент.

а) Прямая пила построенная блоком Live saw. Прямая пила достигается путем интегрирования на участке с указанным шагом времени (T) до достижения максимального момента ($M_{\max}$), где происходит обнуление. Интервал между пилами задается периодом паузы (t). Начало построение пилы задается с задержкой (G).

б) Обратная пила строится аналогично прямой с теми же параметрами, но с отрицательным интегрированием

в) Равноплечая пила получается совмещением прямой и обратной пилы, где максимальное значение достигается на половине шага пилы

– трапецевидный момент реализуется на блоке Trapezoidal saw. Так же в этом блоке предусмотрена задержка (G) и пауза (t). Введение в модель моментной паузы позволяет существенно упростить моделирование знакопеременного трапецевидного момента путем алгебраического сложения с ним статического постоянного отрицательного момента.

– кусочно-линейно аппроксимированный момент реализуется на Piecewise-linear approximation. Задается интервал изменения координаты (экзогенной либо эндогенной переменной) - J_n (начало и конец), а также коэффициентами K_{fn} для расчета линейное соотношение момента на этом интервале. Момент задается постоянным, а J_n и K_{fn} в виде таблицы.

3 Стохастические:

Стохастическая модель — такая математическая модель, в которой параметры, условия функционирования и характеристики состояния моделируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими зависимостями, либо исходная информация также представлена случайными величинами. Следовательно, характеристики состояния в модели определяются не однозначно, а через законы распределения их вероятностей.

– Фоновый момент задается блоком amplitude-deterministic torque, который создает амплитудно-детерминированную нагрузку, т.е. на вход блока подается амплитуда (возможно задание в любой из статических или динамических зависимостей), которая умножается на случайный вектор с единичной амплитудой.

В строке задания pause in the percentage в процентном соотношении указывается вероятность получения нулевого значения. В строке Sample time задается частота изменения случайных величин. Так в блоке предусмотрена возможность получения постоянных случайных величин установкой галочки в Remembers the constant random, где их вариация

задается в строке *version of a constant random variables*. Пример с заданием амплитуды в виде синусоиды и трапеции представлен на рисунке 1.

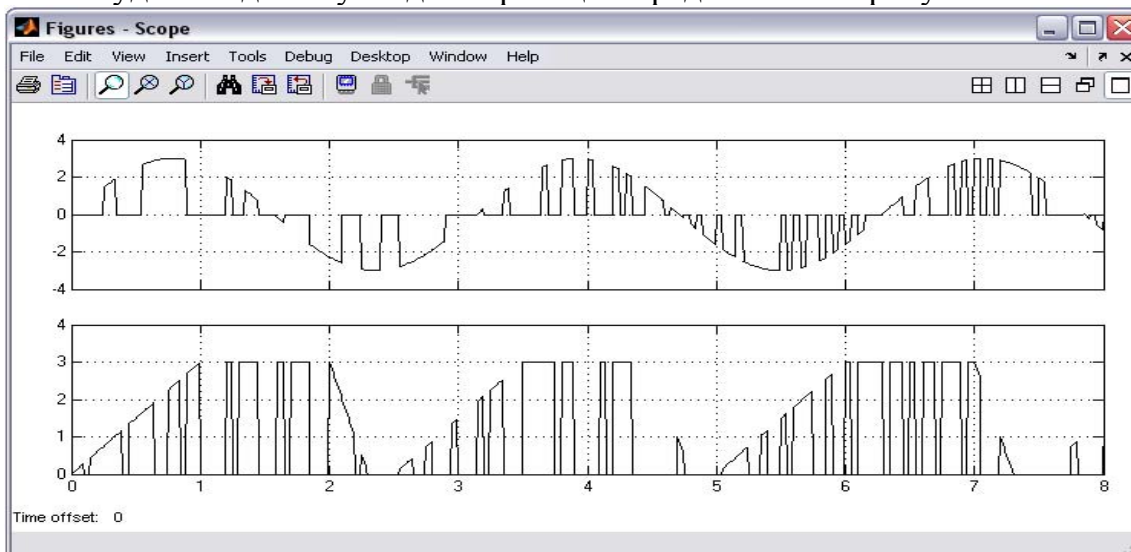


Рисунок 1 – Выходные характеристики блока *amplitude-deterministic torque* с синусоидальной и трапециевидной амплитудой на входе

– Частотный момент сопротивления задается блоком *frequency-deterministic torque*, который создает частотно-детерминированную нагрузку. В этом случае амплитуда случайных величин имеет значение от 1 до –1.

В строке *Sample time* задается величина шага. Так же как и в блоке *amplitude-deterministic* имеется возможность получения постоянных случайных величин. Пример с заданием амплитуды в виде синусоиды и трапеции представлен на рисунке 2.

– периодический момент задается блоком *Harmonic*, который создает нагрузку с выраженной огибающей и переменной амплитудой. В строке *Deviation of the amplitude* задается предел отклонения входной амплитуды.

Приведенные блоки позволяют в качестве исходных данных использовать любые переменные имитационной модели технологического процесса, а выходные функциональные зависимости применять как в модели, так и при формировании управляющих сигналов физической установки. Предлагаемое деление совсем не исключает дублирование использования различных по типу и блоку моделей в полной модели сложной нагрузки производственного механизма, например при составлении функциональной модели методом визуального программирования.

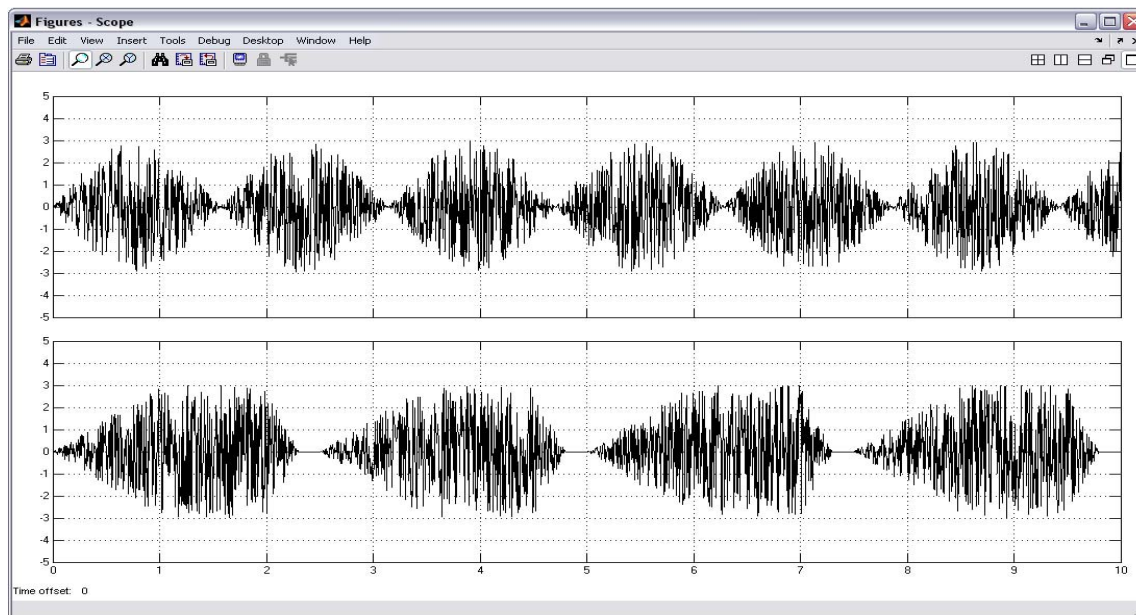


Рисунок 2 – Выходные характеристики блока frequency-deterministic torque с синусоидальной и трапецевидной амплитудой на входе

Моделирование нагрузки электропривода производственных механизмов реализуется на базе системы MatLab и его приложения для визуального программирования Simulink. Блоки и типовые модули оформляются как библиотека программ, с возможностью расширения, дополнения и корректировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов Ю.М., Бурковский В.Л. Математическое моделирование в автоматизированном проектировании электроприводов: Учеб. пособие, Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. 143 с.
2. Слепокуров Ю.С. MATLAB 5. Анализ технических систем: Учеб. пособие. / Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2001. 167 с.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: Уч. пособие. 2001. -320 с., ил.
4. И.В.Черных. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. 2007 год.

**Раздел ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ВСКРЫТИЯ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ ПРИ СКВАЖИННОМ
ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА****Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.**Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск, Томской обл.,
пр.Коммунистический, 65, nmd@ssti.ru

Представлена методика определения оптимальных схем и режимов отработки эксплуатационных блоков, в соответствии с заданными пользователем критериями. Рассмотрен метод выбора оптимальных схем вскрытия эксплуатационных блоков. Представлена блок-схема алгоритма.

Эффективность разработки месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания напрямую зависит от параметров схем вскрытия залежи [1, 2]. Основными параметрами технологических ячеек являются: тип схем расположения технологических скважин (гексагональная, рядная и др.); параметры технологических ячеек (расстояния между откачными и закачными скважинами, расстояния между рядами, между скважинами в ряду); интервалы посадки фильтров. Важной задачей, стоящей перед геотехнологическим предприятием является выбор оптимальных схем вскрытия проектируемых эксплуатационных блоков. Для решения данной задачи целесообразно использовать метод оптимизации схем вскрытия эксплуатационных блоков, которая позволяет, на основе имеющейся информации о геологических и геотехнологических факторах, выбирать наилучшие схемы и режимы отработки эксплуатационных блоков, в соответствии с заданными пользователем критериями, а также готовить планы горных работ.

Исходными данными для выбора оптимальных схем вскрытия эксплуатационных блоков являются: геолого-математическая модель залежи, математические модели расчета целевых функций, финансово-экономические параметры. Наилучшие схемы и режимы отработки эксплуатационных блоков определяются исходя из заданных пользователем критериев (экстремумы целевых функций), которые соответствуют задачам, стоящим на данный момент перед горнодобывающим предприятием. В качестве целевых функций целесообразно использовать отношение закаченного объема рабочих растворов к горнорудной массе блока (отношение Ж/Т) для заданной степени отработки эксплуатационного блока; время, требуемое для достижения заданной степени отработки эксплуатационного блока;

степень вскрытия запасов эксплуатационными блоками; себестоимость добычи урана.

Процесс определения наилучших схем и режимов отработки эксплуатационных блоков можно разделить на шесть последовательных этапов. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 1.

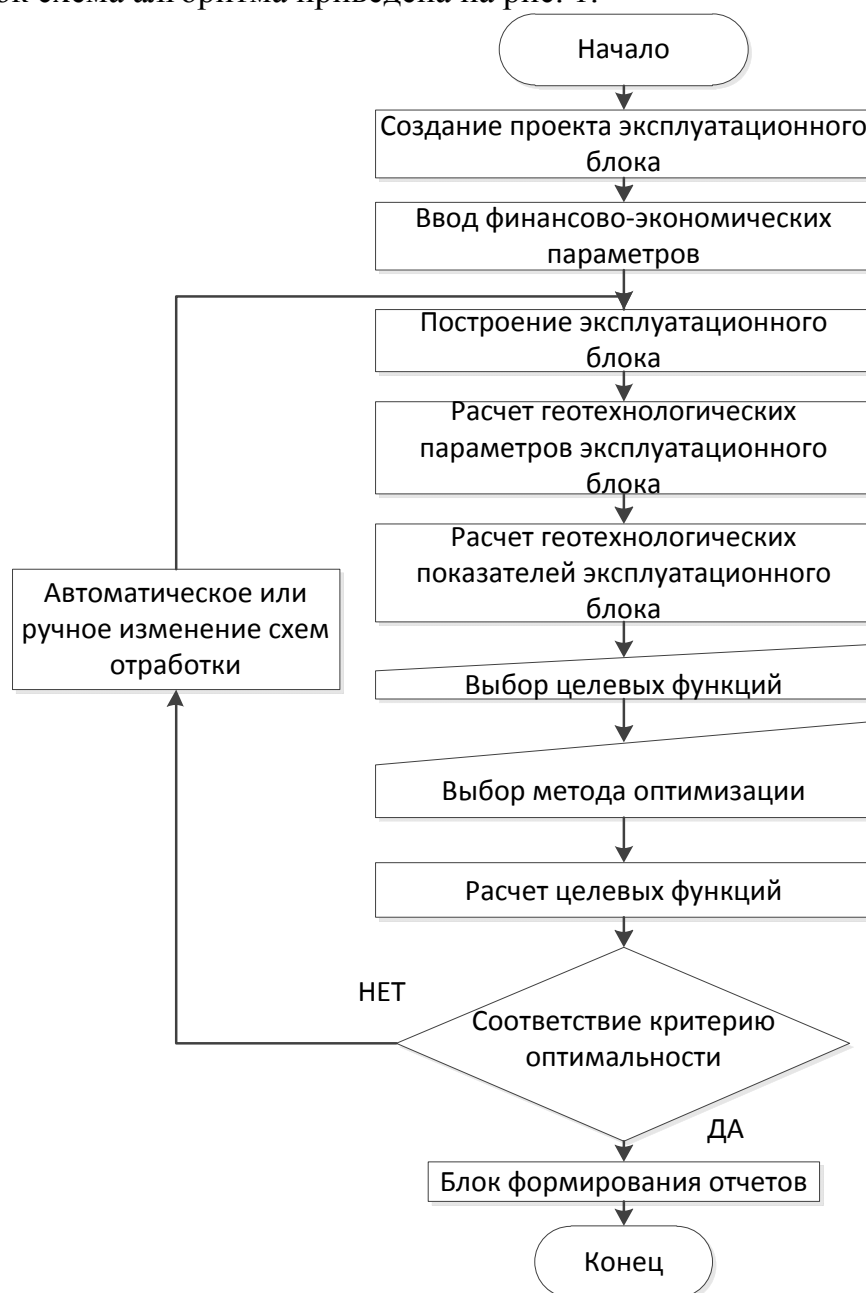


Рис.1 Блок-схема алгоритма

На первом этапе строится модель проектируемого эксплуатационного блока. Из горно-геологической информационной системы производится импорт геолого-математической модели залежи, построенной по результатам детальной разведки [3, 4]. На основе геолого-математической

модели строится модель технологических объектов эксплуатационного блока, которая включает в себя координаты забоев технологических скважин, расположение технологических ячеек, интервалы посадки фильтров, режимы работы скважин, дебиты технологических скважин. Кроме этого, вводятся финансово-экономические параметры, необходимые для расчета себестоимости добычи урана (стоимость сооружения одного метра закачной и откачной скважин; стоимость обвязки и оснащения одной закачной и откачной скважины; стоимость оснащения откачной скважины средствами раствороподъема; стоимость одного килограмма кислоты и окислителя; стоимость одного кВт/ч электроэнергии и т.д).

На втором этапе на основе модели эксплуатационного блока рассчитываются геотехнологические параметры проектируемого эксплуатационного блока (площадь блока, средняя эффективная мощность блока, запас урана в блоке, горнорудная масса, средняя продуктивность).

На третьем этапе рассчитываются прогнозные геотехнологические показатели отработки блока: зависимости концентрации урана в продуктивных растворах, массы извлеченного урана и степени извлечения, расхода кислоты и окислителя от времени и Ж/Т. Исходными данными для расчета являются результаты, проведенного ранее анализа отработки эксплуатационных блоков

На четвертом этапе осуществляется выбор целевой функции оптимизации, экстремум которой достигается в процессе оптимизации, и производится выбор метода оптимизации.

На пятом этапе выполняется расчет целевых функций оптимизации. Целевые функции рассчитываются с помощью соответствующих математических моделей на основе геотехнологических и финансово-экономических факторов и параметров. Для расчетов значений целевых функций используются характеристики и показатели отработки эксплуатационных блоков. Для расчета отношения Ж/Т используется зависимость концентрации урана в продуктивных растворах или массы добытого урана от Ж/Т. Для расчета времени используется зависимость темпа отработки блока или массы добытого урана от времени. Для расчета себестоимости добычи урана используются зависимости концентрации урана в продуктивных растворах, дебита блока, расхода кислоты и окислителя от времени.

На последнем этапе проводится оценка соответствия проекта выбранному критерию оптимальности. Если критерий оптимальности удовлетворяется, формируются планы горных работ. Если соответствие проекта выбранному критерию оптимальности не достигнуто, то проводится изменение схемы или параметров эксплуатационного блока. Варьируемыми при оптимизации параметрами являются: вращение блока как целого, пропорциональное изменение размеров блока, изменение

расстояния между рядами, изменение расстояния между скважинами в ряду.

Данный алгоритм позволяет выполнять оптимизацию в полуавтоматическом или в автоматическом режиме. В полуавтоматическом режиме определение оптимальных схем вскрытия осуществляется вручную, после чего повторно рассчитываются значения целевых функций. В автоматическом режиме построение оптимальных схем осуществляется программой, в соответствии с заданными критериями. В качестве метода оптимизации можно применять метод градиентного спуска. Используя этот метод, можно найти точку локального экстремума исследуемой функции. Процесс решения задачи, с помощью данного метода, состоит в последовательном движении к точке экстремума вдоль градиента. В качестве функции оптимизации используется целевая функция.

Рассмотренный алгоритм может быть использован для разработки проблемно-ориентированного программного обеспечения, которое позволит выбирать наилучшие схемы и режимы отработки эксплуатационных блоков, исходя из заданных пользователем критериев, а также готовить планы горных работ. Результаты работы программного обеспечения могут быть использованы для повышения качества планирования отработки блоков, сокращения времени проектирования эксплуатационных блоков, для повышения эффективности разработки месторождений урана, для оценки основных геотехнологических показателей отработки блока, для оценки себестоимости урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. – М.: ЭнергATOMиздат, 1997. – 672с.
2. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
3. Истомин А.Д., Ладейщиков А.В., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Применение геологической геоинформационной системы при проведении ГРП на инфильтрационном месторождении урана // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 8 . – С.6-11
4. Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Горно-геологическая информационная система для месторождения, разрабатываемого методом скважинного подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 7 . – С. 178-183

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Истомин А.Д., Носков М.Д., Рудмин М.А., Чеглоков А.А.

Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ», г.Северск,
пр-т Коммунистический, 65

Представлены методики подсчета запасов урана на месторождениях в водопроницаемых толщах платформенного чехла, разрабатываемых методом скважинного подземного выщелачивания. Подсчет запасов выполняется при использовании геологической геоинформационной системы с применением метода проекции геологических блоков на горизонтальную плоскость линейным, полигонов Вороного и геостатистическим способом.

В процессе освоения месторождения подсчет запасов имеет одно из важнейших значений. От правильности полученных запасов зависит эффективность дальнейшей эксплуатации объекта. В настоящее время для подсчета запасов используются распространенные геологические геоинформационные системы (такие как Datamine, Micromine, Surpac и другие), которые предназначены для месторождений, разрабатываемых традиционными горными способами. Применение таких систем для инфильтрационных месторождений урана, обрабатываемых геотехнологическими методами, с учетом всех их специфических особенностей, является затруднительным. В связи с этим для повышения достоверности запасов становится актуальным использование программного комплекса, который при подсчете будет учитывать особенности подобных месторождений и методов их разведки [1-3].

В настоящей работе применяется геологическая геоинформационная система «ГНОМ» (Геолого-математическая Нормативная Обработка Материалов), созданная в лаборатории сотрудников Северского технологического института НИЯУ «МИФИ», совместно со специалистами Юрской партии № 71 УФ «Зеленогорскгеология» ФГУП «Урангео» и уранодобывающего предприятия ЗАО «Далур» [1-3].

Подсчет запасов с помощью данной системы выполняется в следующей последовательности: сбор и интерпретация геологической информации, построение геотехнологических разрезов, выделение рудных пересечений, оконтуривание технологических блоков, количественный расчет запасов по одной или нескольким методикам. При выполнении расчетов учитываются кондиции, требующиеся на месторождениях инфильтрационного типа, обрабатываемых методом скважинного подземного выщелачивания (например, минимальный коэффициент фильтрации рудовмещающей толщи) [4]. Для подсчета запасов в геоинформационной системе «ГНОМ» используется метод геологических

блоков в проекции на горизонтальную плоскость, с тремя разновидностями, отличающимися способом оценки распределения величин (геотехнологических параметров) на подсчитываемой площади: линейный; полигонов Вороного и геостатистический (рис. 1) [5].

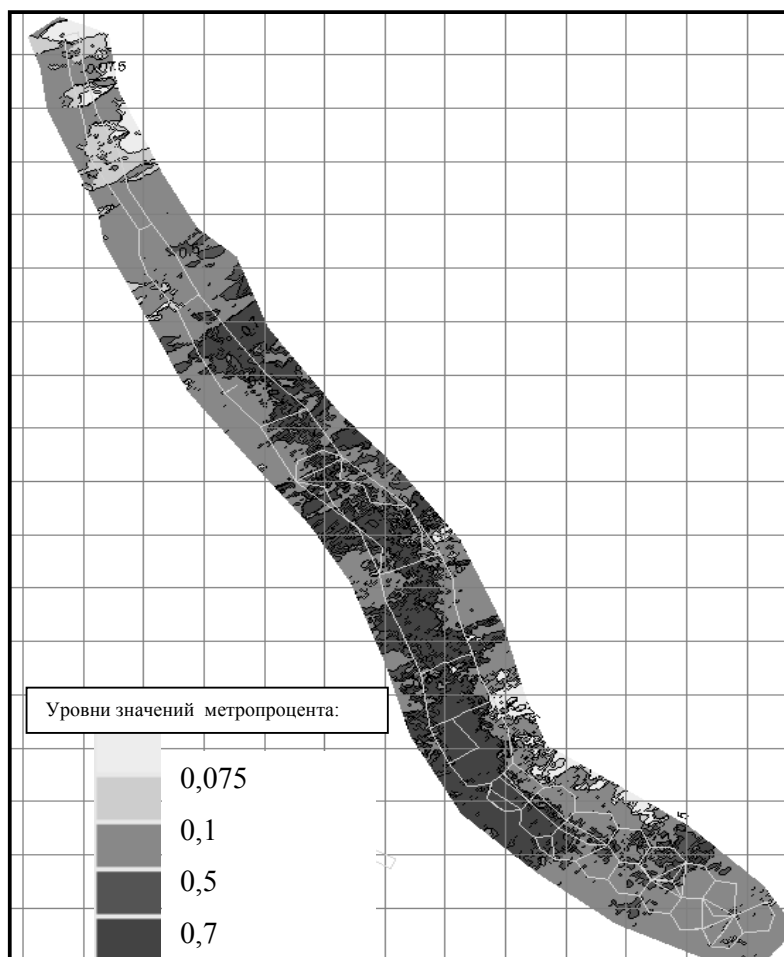


Рис.1. Схематическая карта распределения метропроцента, полученная геостатистическим методом, по пятой залежи Хиагдинского месторождения (Витимское плоскогорье).

Линейный способ (рабочее название) является более традиционным (апробирован в ГКЗ при защите запасов Далматовского месторождения урана геологоразведочной партии №71), заключается в разделении площади на блоки и ячейки, в пределах которых считаются средневзвешенные показатели (после «срезания» ураганов) по пересечениям, попавшим в контур ячейки. При этом не учитывается влияние каждой пробы на остальные.

Способ полигонов Вороного отражается в разбиении площади на многогранники (ячейки). При этом под ячейкой Вороного понимается геометрическое место точек, соответствующих забоям скважин внутри границы блока, которые находятся к какой-либо скважине ближе, чем к

любой другой скважине. Затем в каждом из таких полигонов высчитываются необходимые параметра, после чего показатели ячеек суммируются в пределах определенного блока.

Геостатистический способ с применением обычного кригинга заключается в создании двухмерной модели распределения величины (метропроцент, эффективная мощность) на основе которой рассчитываются основные параметры подсчетного блока. При этом для восстановления распределения настраивается гистограмма значений и подбирается модель вариограммы (рис.2). Затем полученная модель оценивается методом кросс-валидации (рис. 3). Данный способ позволяет более точно оценить промежуточные значения геологических величин между фактическими рудными пересечениями, относящимися к расчетной сети [5].

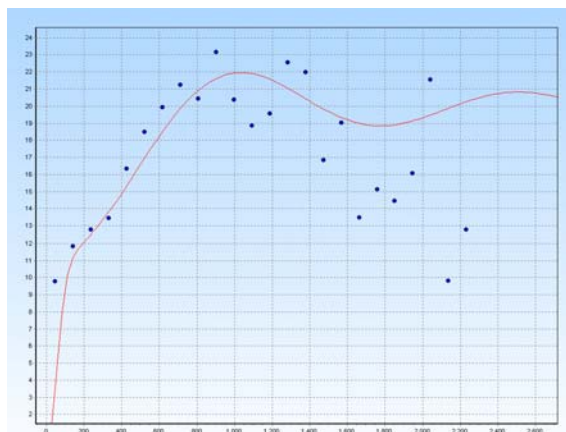


Рис. 2. Экспериментальная (точки) и теоретическая (линия) модель вариограммы для эффективной мощности пятой залежи Хиагдинского месторождения (Витимское плоскогорье).

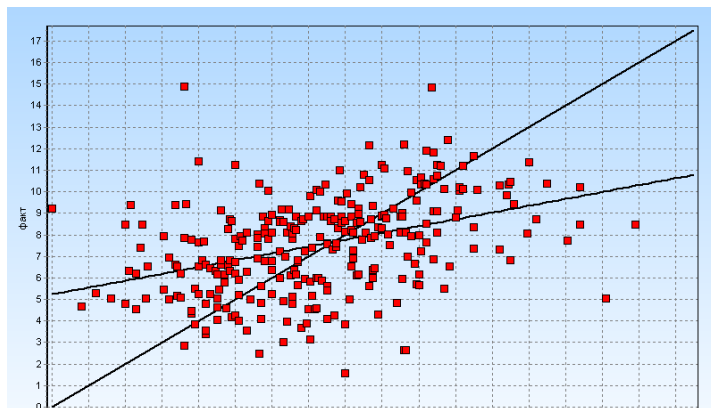


Рис. 3. Результаты кросс-валидации моделирования распределения эффективной мощности, полученного методом «обычного кригинга» для пятой залежи Хиагдинского месторождения

С помощью геологической геоинформационной системы был произведен подсчет запасов урана для пятой залежи Хиагдинского месторождения (Витимское плоскогорье) тремя вышеописанными способами. Рудная минерализация данного месторождения приурочена к водопроницаемым терригенным осадкам платформенного чехла. Месторождение разрабатывается методом скважинного подземного выщелачивания. При подсчете запасов с применением геологической геоинформационной системы «ГНОМ» использовалось более 400 рудных пересечений, учитывалось влияние свыше 480 технологических скважин, при этом в рамках подсчетных блоков были срезаны ураганы около 65 пересечений. Подсчет запасов геостатистическим способом осуществлялся с использования метода обычного кригинга. Для этого построение двухмерной модели производилось путем восстановления распределения величины метропроцента (рис.1) и эффективной мощности для пятой залежи.

В результате были получены следующие запасы: наибольшее количество подсчитано линейным способом, методом полигонов Вороного оказались меньше на 2,6%, а геостатистическим – на 4,1%. При этом стоит учитывать тот факт, что запасы более сложно оцениваются на месторождениях, эксплуатируемых методом скважинного подземного выщелачивания, в связи с отсутствием непосредственного контроля за состоянием продуктивного горизонта в недрах, в отличие от месторождений разрабатываемых горными способами. В результате можно сделать вывод, что применение вышеописанных способов оценки запасов для инфильтрационных месторождений, отрабатываемых методом подземного выщелачивания, является достаточно приемлемым, а использование в данных целях геоинформационной системы «ГНОМ» позволяет значительно сократить затраты времени и труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Истомин А.Д., Ладейщиков А.В., Носков М.Д., Чеглоков А.А.. Применение геологической геоинформационной системы при проведении геологоразведочных работ на инфильтрационном месторождении урана // Разведка и охрана недр. – 2011. – №9. – С. 3 – 6.
2. Чеглоков А.А., Истомин А.Д., Ладейщиков А.В., Лаптев Ю.И., Носков М.Д.. Опыт применения геологической геоинформационной системы при разведке и разработке месторождений методом ПСВ // Актуальные проблемы урановой промышленности: VI Междунар. науч. практ. конф., 14-16 сент.: Сб. докл. – Алматы: ТОО «Adem Print», 2010. – С. 307 – 313
3. Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А.. Информационное обеспечение геологоразведочных работ на инфильтрационном месторождении урана // Известия ТПУ. – 2009. – №5. – С.85 – 90
4. Мамилов В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980. – С. 248
5. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики – М.: Мир, 1968 – С. 407

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫХ РУД

Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Истомин А.Д., Носков М.Д.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск, Томской обл.,
пр. Коммунистический 65., nmd@ssti.ru

В работе предлагается численный алгоритм расчета процесса подземного выщелачивания металлов из полиэлементных руд с применением в качестве реагентов кислоты и окислителя. Алгоритм основан на комплексной физико-математической модели добычи подземных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания. Расчет динамики выщелачивания проводится с переменным временным шагом в трехмерной области моделирования, покрываемой нерегулярной сеткой из призматических элементов. Моделирование физико-химических процессов на каждом временном слое осуществляется с помощью метода разделения по физическим процессам.

Для исследования закономерностей протекания процесса выщелачивания металлов из полиэлементные руд и повышения эффективности управления добычей при скважинном подземном выщелачивании (СПВ) целесообразно использовать методы компьютерного моделирования. Моделирование процесса выщелачивания металлов должно быть основано на физико-математической модели, адекватной по сложности рассматриваемой системе (выщелачивающий раствор – рудовмещающая порода – пластовые воды). В настоящей работе представлен численный алгоритм расчета выщелачивания металлов из полиэлементных руд с применением в качестве реагентов кислоты и окислителя.

Алгоритм основан на комплексной физико-математической модели добычи полезных ископаемых методом СПВ [1]. Модель описывает: распределение гидравлических напоров, конвективный массоперенос, гидродинамическую дисперсию, растворение и переотложение минералов вследствие кислотно-основных процессов, гомогенные и гетерогенные окислительно-восстановительные процессы, комплексообразование. При этом полагается, что гомогенные химические реакции протекают намного быстрее процессов массообмена и массопереноса. Поровое пространство описывается в приближении двойной пористости. Твердая фаза делится на породу, граничащую с мобильной и иммобильной частями жидкой фазы. Концентрация компонентов в жидкой фазе и содержание минералов описывается с помощью приведенной молярной концентрации $\tilde{C}_\Phi^k$ ($\tilde{C}_\Phi^a$) k -го компонента (a -го минерала) в части системы Φ определяемой как отношение количества k -го компонента (a -го минерала) к репрезентативному объему пористой среды.

Трехмерная область моделирования D покрывается нерегулярной сеткой из призматических элементов (рисунок 1). Каждому узлу сопоставляется контрольный объем, полученный соединением центров призматических элементов. Пример вертикальной проекции призматических элементов и контрольного объема приведен на рисунке 2.

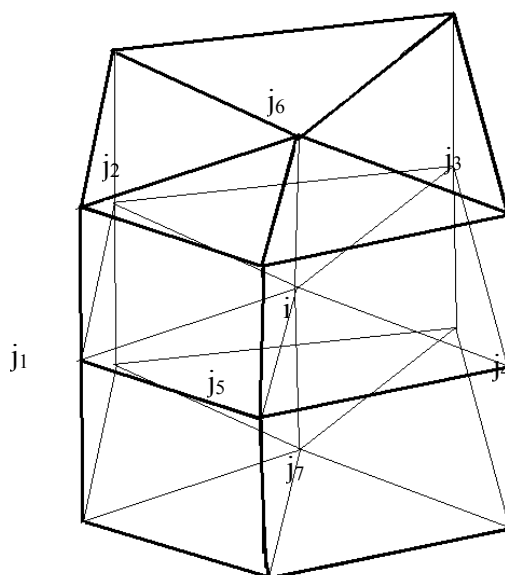
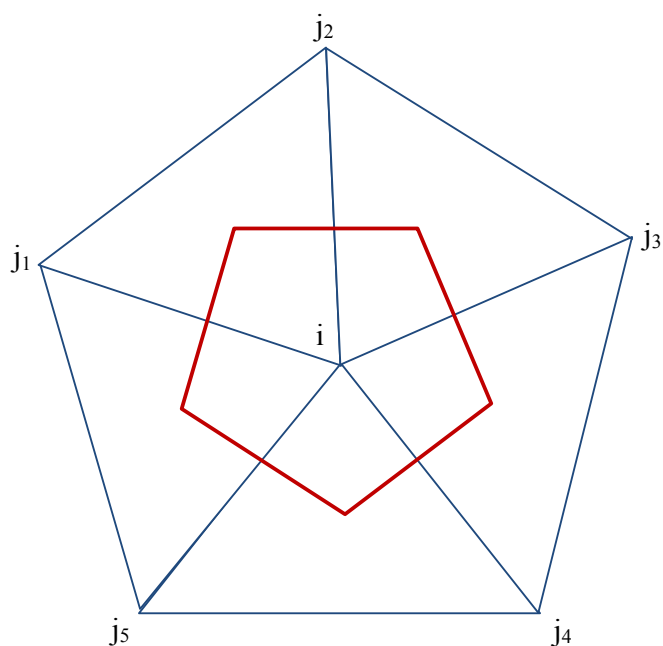


Рис.1. Дискретизация области моделирования



Жирной линией отмечены границы контрольного объема

Рис.2. Пример вертикальной проекции призматических элементов и соответствующего i -му узлу контрольного объема

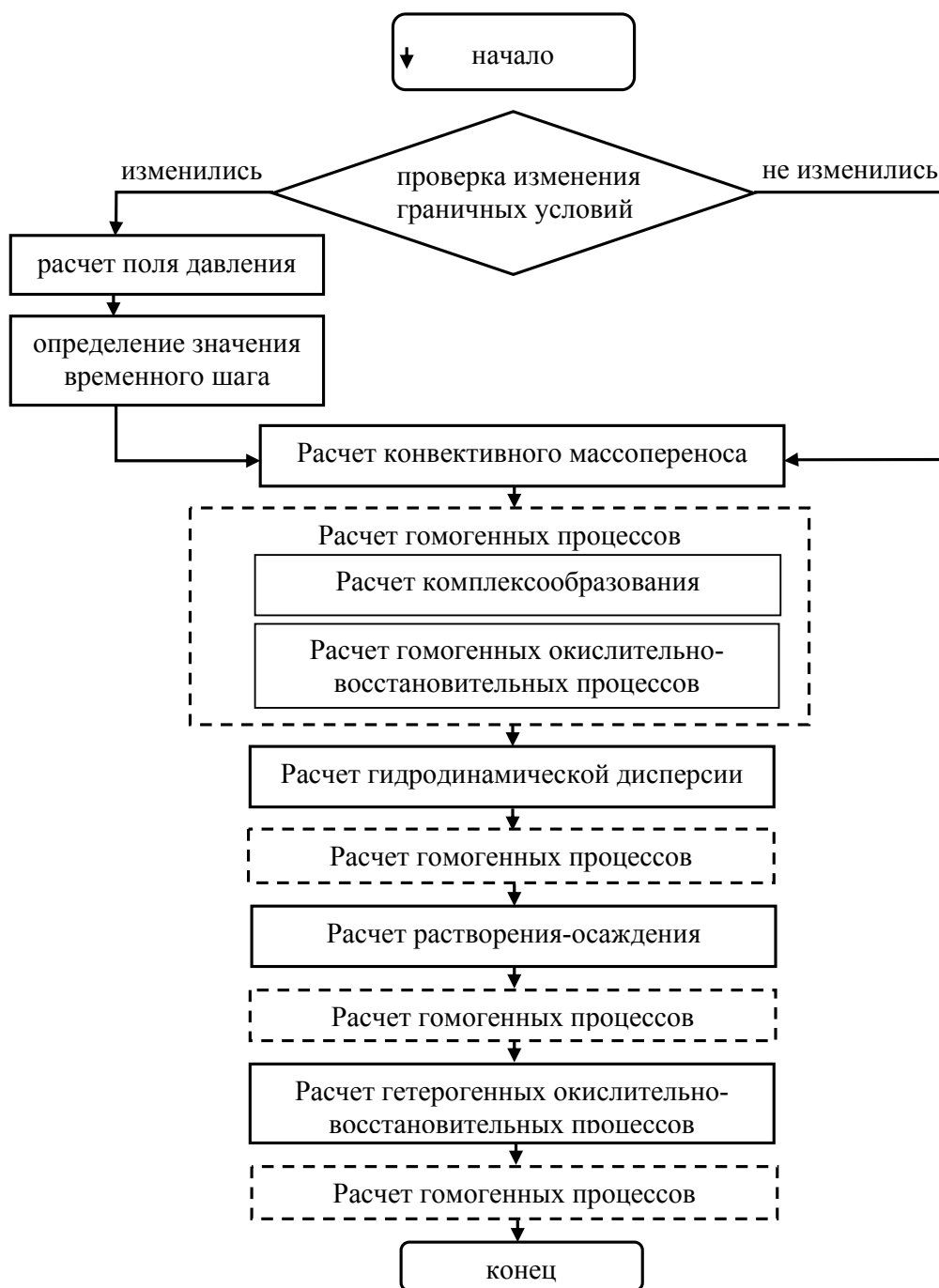


Рис.3. Расчет физико-химических процессов на одном временном слое

Расчет динамики выщелачивания проводится с переменным временным шагом. Величина временного шага Δt_n на n -м временном слое определяется из условий устойчивости и сходимости разностных аналогов уравнений массопереноса и может изменяться в процессе расчета. На пространственной и временной сетках определяются сеточные функции

напора H_i^n , приведенной концентрации $(\tilde{C}_\Phi^k)_i^n$ k-го компонента и приведенного содержания $(\tilde{C}_\Phi^k)_i^n$ а-го минерала в части системы Φ (нижний индекс i определяет номер узла, верхний индекс n – номер временного слоя).

Моделирование физико-химических процессов на каждом временном слое проводится с помощью метода разделения по физическим процессам, согласно которому вычисления проводятся в несколько шагов по схеме, приведенной на рисунке 3. На первом шаге осуществляется проверка изменения граничных условий по сравнению с предыдущим временным слоем. При изменении граничных условий выполняется расчет поля давления и определяется значение временного шага для текущего временного слоя. На втором этапе по найденному распределению напоров рассчитываются новые значения концентраций компонентов в проточных порах, возникающие в результате конвективного массопереноса. На третьем этапе рассчитывается изменение концентраций компонентов во всей области моделирования вследствие массообмена компонентами раствора между проточными и застойными порами. На четвертом этапе происходит расчет процессов массообмена между раствором и породой вследствие растворения-осаждения минералов. На пятом этапе рассчитываются гетерогенные окислительно-восстановительные процессы. После окончания расчета процесса массопереноса и каждого из процессов массообмена осуществляется расчет гомогенных физико-химических процессов (комплексобразование, ассоциация и диссоциация кислот, гомогенные окислительно-восстановительные процессы) в проточных и застойных порах. Использование метода разделения по физическим процессам значительно упрощает отладку и верификацию процедур, а также повышает адаптивность программы.

Работа выполнена в рамках государственного задания на 2012 – 2014 годы (Регистрационный номер: 3.4893.2011).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Носков М.Д., Комплексная физико-математическая модель добычи полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания // Технология и автоматизация атомной энергетики и промышленности: Тез. докл. – Северск, 2012. – С. 106.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕССОВАНИЯ ТАБЛЕТОК КЕРАМИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Матолыгин А.А.¹, Истомин А.Д.² Носков М.Д.²

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: matolygin.andrei@yandex.ru

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск, Томской обл.,
пр. Коммунистический, 65

Предложена математическая модель прессования упруговязкопластического тела. Модель строится в рамках описания поведения сплошной среды, обладающей заданным набором физико-механических характеристик, отвечающим порошковому телу. Приводятся результаты моделирования процесса изменения напряжений в торцевой части прессовки таблетки керамического топлива в зависимости от графика снятия нагрузки прессования и режима выпрессовки.

Ключевые слова: математическая модель, таблетки керамического топлива, прессование.

При прессовании оксидных порошков, являющихся хрупкими материалами, физические процессы формоизменения прессовки связаны с протеканием таких процессов как: упругие деформации частиц порошка, их пластическое деформирование и разрушение, «течения» порошкового тела, за счет перестройки твердофазного скелета прессовки.

Одной из актуальных задач является выбор оптимальных режимов управления технологическим процессом прессования таблеток керамического топлива. Одним из способов поиска соответствующих режимов является математическое моделирование процесса.

Для описания поведения керамических порошковых тел в работе предлагается математическая модель прессования упруговязкопластического тела. Модель строится в рамках описания поведения сплошной среды, обладающей заданным набором физико-механических характеристик, отвечающим порошковому телу [1-3].

Математическая формулировка компьютерной модели прессования. Модель прессования таблетки керамического топлива описывает изменения во времени и пространстве плотности (пористости) порошкового тела, упругой и пластической деформаций, механических напряжений с учетом реального режима нагружения при перемещении пуансона и снятия нагрузки (стадии прессования и выпрессовки). Модель учитывает сложное реологическое поведение порошкового тела на различных этапах прессования, когда одновременно проявляются вязко-упругие и пластические свойства. Модель описывает процессы в трехмерной области обладающей осевой симметрией, ограниченной пуансонами и стенками матрицы пресс-формы и иглы.

На рисунке 1 представлена половина осевого сечения прессовки, имеющая следующие характеристики: h – первоначальная высота прессовки; r_0 – радиус иглы; R – внешний радиус прессовки; α – угол образованный фаской и осью симметрии таблетки; w – радиальный размер фаски.

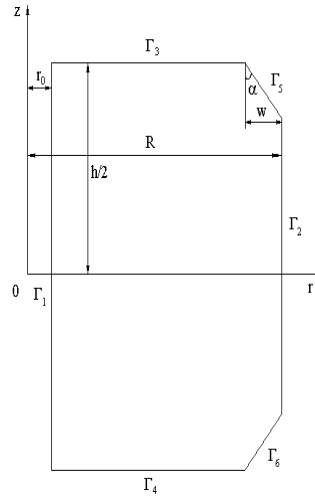


Рис.1. Проекция по осевому сечению прессовки

Границу области моделирования, соответствующие стенкам матрицы пресс-формы считаются неподвижными в направлении оси Oz (границы Γ_1 , Γ_2). На подвижных границах (границы Γ_3 , Γ_4 , Γ_5 , Γ_6), описывающих рабочую поверхность пуансонов, обеспечивается согласование перемещений, давления прессования и напряжений в порошковом теле, а так же поверхностных сил возникающих за счет сил трения прессовки о стенки пресс-формы, иглы и пуансонов.

Вследствие осевой симметрии конфигурации пресс-формы и пуансона используется цилиндрическая система координат и предполагается независимость рассматриваемых величин от угловой координаты.

Предложенная модель прессования основана на фундаментальных законах сохранения массы, импульса и энергии, которые можно записать в цилиндрической системе координат (z, r, φ) с учетом осевой симметрии в следующем виде [1, 4].

Закон сохранения массы

$$\frac{\partial \rho(t)}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial (r \rho(t) \dot{v})}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial (\rho(t) \dot{v})}{\partial \varphi} + \frac{\partial (\rho(t) \dot{v})}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

где $\rho(t)$ – локальная плотность прессовки, t – время, $\dot{v}$ – скорость перемещения элементарного объема прессовки.

Закон сохранения импульса в случае осевой симметрии приобретает следующий вид

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_{rr} - \sigma_{\varphi\varphi}}{r} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \frac{\tau_{zr}}{r} = 0, \quad (3)$$

где σ_{ij}, τ_{kl} - компоненты тензора напряжений.

Закон сохранения энергии

$$\rho(t) \frac{\partial E}{\partial t} = \sigma_{rr} \&_{rr} + \sigma_{\varphi\varphi} \&_{\varphi\varphi} + \sigma_{zz} \&_{zz} + \tau_{rz} \&_{rz}, \quad (4)$$

где E – внутренняя энергия системы, $\&_{ii}, \&_{kl}$ - компоненты тензора скоростей деформаций.

Напряженное состояние порошкового тела описывается тензором следующего вида [4]

$$T = \begin{vmatrix} \sigma_{rr} & \tau_{\varphi r} & \tau_{zr} \\ \tau_{r\varphi} & \sigma_{\varphi\varphi} & \tau_{z\varphi} \\ \tau_{rz} & \tau_{\varphi z} & \sigma_{zz} \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Компоненты тензора деформаций и тензора скорости деформации определяются следующими соотношениями [4]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{rr} &= \frac{\partial u_r}{\partial r}, \quad \&_{rr} = \frac{\partial \&_r}{\partial r}, \\ \varepsilon_{\varphi\varphi} &= \frac{u_r}{r}, \quad \&_{\varphi\varphi} = \frac{\&_r}{r}, \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{\partial u_z}{\partial z}, \quad \&_{zz} = \frac{\partial \&_z}{\partial z}, \\ \gamma_{\varphi z} &= 0, \quad \&_{\varphi z} = 0, \\ 2\gamma_{zr} &= \frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r}, \quad 2\&_{zr} = \frac{\partial \&_r}{\partial z} + \frac{\partial \&_z}{\partial r}, \\ \gamma_{r\varphi} &= 0, \quad \&_{r\varphi} = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где u_i – компоненты вектора смещений. Нулевые компоненты в системе получаются по причине осевой симметрии.

Деформация складывается из двух частей, упругой и пластической

$$\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^e + \varepsilon_{ij}^p \quad (7)$$

Изменение удельного объема описывается коэффициентом дилатансии, связанным с диагональными компонентами тензора деформации:

$$\theta = \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\varphi\varphi} + \varepsilon_{zz}, \quad (8)$$

Связь напряжений и деформаций в прессовке с учетом осевой симметрии определяется соотношениями:

$$\sigma_{rr} = 2G(\rho)(\varepsilon_{rr} - \varepsilon_{rr}^p) + \Lambda(\rho)(\theta - \theta^p) + 2\eta(\rho)(\&_{rr} - \&_{rr}^p) + \mu(\rho)(\&_{rr} - \&_{rr}^p), \quad (9)$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = \Lambda(\rho)(\theta - \theta^p) + \mu(\rho)(\&_{rr} - \&_{rr}^p), \quad (10)$$

$$\sigma_{zz} = 2G(\rho)(\varepsilon_{zz} - \varepsilon_{zz}^p) + \Lambda(\rho)(\theta - \theta^p) + 2\eta(\rho)(\dot{\varepsilon}_{zz} - \dot{\varepsilon}_{zz}^p) + \mu(\rho)(\dot{\theta} - \dot{\theta}^p), \quad (11)$$

$$\tau_{zr} = 2G(\rho)\gamma_{zr} + 2\eta(\rho)\dot{\gamma}_{zr}, \quad (12)$$

где тензор напряжений делится на шаровую P и девиаторные S_{ij} части ($S_{ij} = \sigma_{ij} - P$, $P = (\sigma_{rr} + \sigma_{\varphi\varphi} + \sigma_{zz})/3$); $G(\rho), \Lambda(\rho)$ – упругие свойства прессовки зависящие от текущей плотности прессовки; $\eta(\rho), \mu(\rho)$ – коэффициенты вязкости порошка прессовки.

Упругие константы материала таблеток керамического топлива определяются экспериментально при проведении циклического нагружения (цикл сжатие-разгрузка) и могут быть аппроксимированы показательной функцией от относительной плотности материала, например как в работе [2].

Переход в пластическое состояние описывается поверхностью течения несимметричной поверхностью течения, характерной для прессования порошковых тел [2, 3, 5]

$$f(\sigma, \rho, k) = A(\rho)I_1^2 + B(\rho)J_2 - C(\rho)k^2, \quad (13)$$

где I_1 – первый инвариант тензора напряжений, J_2 – второй инвариант тензора девиатора напряжений, $A(\rho), B(\rho), C(\rho)$ – функции плотности прессовки, k – параметр определяющий деформационное упрочнение.

Начальные условия для моделирования соответствуют случаю, когда пресс-порошок свободно насыпается в пресс-форму. При этом в начальном состоянии прессуемое тело не содержит первоначальных напряжений и деформаций. Насыпная плотность прессовки предполагается одинаковой по всему объему прессовки (вследствие небольших размеров прессовки гравитационными силами можно пренебречь)

$$\rho(z, \phi, r) = \rho_0. \quad (14)$$

Граничные условия, соответствующие перемещению верхнего и нижнего пуансона с различными скоростями, имеют вид:

$$v_1 = f_1(t) \quad v_2 = f_2(t) \quad (15)$$

где v_1 и v_2 – скорости движения верхнего (граница Γ_3, Γ_5 на рисунке 1) и нижнего (граница Γ_4, Γ_6 на рисунке 2) пуансона соответственно.

Граничные условия на боковых границах, соответствующие жестким стенкам пресс-формы, имеют вид:

На границе Γ_1 , $z \in [-h/2 + v_2 t, h/2 - v_1 t]$, $r = r_0$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки

$$u_r(z, \varphi, r_0) = 0. \quad (16)$$

На границе Γ_2 , $z \in [-h/2 + w + v_2 t, h/2 - w - v_1 t]$, $r = R$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки

$$u_r(z, \varphi, R) = 0. \quad (17)$$

На границе Γ_3 , $z = h/2 - v_1 t$, $r \in [r_0, R - w]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки при ее движении

$$u_z(h_1, \varphi, r) = -v_1 \cdot t \quad (18)$$

На границе Γ_4 , $z = -h/2 + v_2 t$, $r \in [r_0, R - w]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки при ее движении

$$u_z(h_2, \theta, r) = v_2 \cdot t, \quad h_2 = -\frac{H_0}{2} + v_2 t \quad (19)$$

На границе Γ_5 , $z \in [h/2 - w \cdot \operatorname{ctg}(\alpha) - v_1 t, h/2 - v_1 t]$, $r \in [R - w, R]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки при ее движении и направленной под углом α к оси z

$$u_z(z, \varphi, r) = -v_1 \cdot t \quad u_z + v_1 t = -u_r \operatorname{ctg} \alpha \quad (20)$$

На границе Γ_6 , $z \in [-h/2 + v_2 t, -h/2 + w \cdot \operatorname{ctg}(\alpha) + v_2 t]$, $r \in [R - w, R]$, $\varphi \in [0, 2\pi]$ условие жесткой стенки при ее движении и направленной под углом α к оси z

$$u_z(z, \varphi, r) = v_2 \cdot t \quad (21)$$

На стенках задаются так же поверхностные силы возникающие вследствие действия сил трения прессовки о стенки пресс-формы и пуансонов. Согласно закону трения Амонтона-Кулона, напряжение трения пропорционально нормальному напряжению на поверхности контактирующих тел и не зависит от сопротивления деформации металла [6], т.е.

$$\tau = \chi P, \quad (22)$$

где χ – кулоновский коэффициент трения. Направления действия силы противоположно перемещению элементарного объема на поверхности прессовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И. Седов Механика сплошной среды. 6-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2004.
2. K. Yanai, M. Hirai, T. Ishikawa, J. Ishizaki, H. Saitoh An analysis of density distribution in UO₂ green pellet by finite element method// Journal of Nuclear Materials 257, 1998, стр.318-330.
3. A.R. Khoei, R.W. Lewis Finite element simulation for dynamic large elastoplastic deformation in metal powder forming// Finite Elements in Analysis and Design 30, 1998, стр. 335-352.
4. В.В. Соколовский Теория пластичности. - М.: «Высшая школа», 1969, 608 с.
5. H. Chtourou, M. Guillot, A. Gakwaya Modeling of the metal powder compaction process using the cap model. Part I. Experimental material characterization and validation// International Journal of Solids and Structures 39, 2002, стр. 1059–1075.
6. Sh. Keshavarz, A.R. Khoei, A.R. Khaloo Contact friction simulation in powder compaction process based on the penalty approach// Materials and Design 29, 2008, стр. 1199–1211.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ДОБЫЧНОГО КОМПЛЕКСА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ДОБЫЧЕ УРАНА

***Носков М.Д., Истомин А.Д., Гуцул М.В., Кеслер А.Г., Носкова С.Н.,
Чеглоков А.А.***

Северский Технологический Институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 636036 г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, e-mail:MD_Noskov@mail.ru

Представлена структура и принципы функционирования геотехнологического информационно-моделирующего экспертного комплекса, предназначенного для комплексного информационного обеспечения добычи полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания. Рассмотрены различные способы применения комплекса для управления разработкой месторождения.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) применяется при разработке месторождений, рудное тело которых находится в хорошо проницаемом продуктивном горизонте [1, 2]. Отличительной особенностью метода СПВ является сложность управления разработкой месторождений, связанная с недостаточностью данных о продуктивном горизонте, невозможностью непосредственного наблюдения за технологическим процессом, значительной инерционностью геотехнологической системы, ограниченными возможностями воздействия на движение растворов. Повысить эффективность управления разработкой месторождения можно на основе сбора и обработки большого объема разнородных (геологических, гидрологических, технологических и др.) данных. В связи с этим, разработка и внедрение программного обеспечения для информационной поддержки принятия управленческих решений являются актуальными [3-5].

В настоящей работе представлены структура и принципы функционирования геотехнологического информационно-моделирующего экспертного комплекса (ГТИМЭК), предназначенного для информационного обеспечения управления разработкой месторождения методом СПВ. Комплекс состоит из четырех взаимосвязанных на уровне данных систем: геологической геоинформационной, технологической информационной, геотехнологической моделирующей и геоинформационной экспертно-аналитической. Кроме того, в состав комплекса входит хранилище данных, обеспечивающее согласованное хранение и представление всего объема информации любой системе комплекса. Геологическая геоинформационная система (ГГИС) позволяет собирать, обрабатывать и визуализировать информацию о состоянии

геологической среды, а также строить геологические модели и рассчитывать по ним геотехнологические показатели.

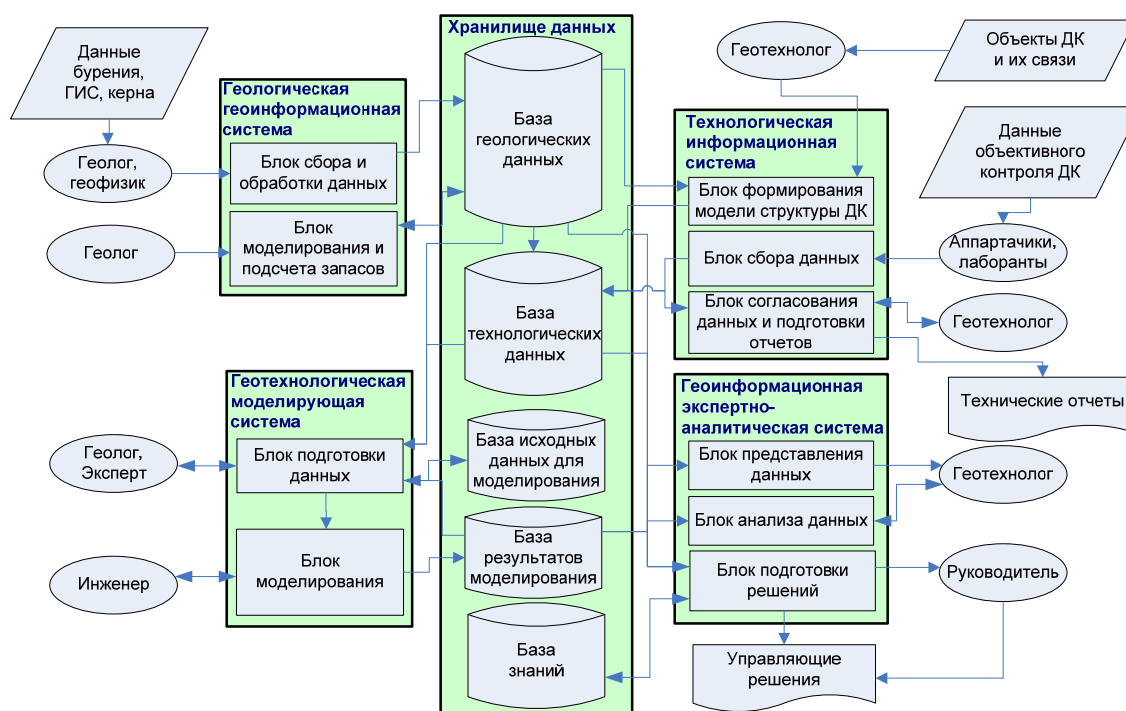


Рис.1 Структура геотехнологического информационно-моделирующего экспертного комплекса

В составе ГГИС можно выделить два логических блока: сбора и обработки первичных геологических данных, создания геологических моделей продуктивного горизонта и подсчета геотехнологических параметров. Блок сбора и обработки данных ГГИС предназначен для ввода, проверки и редактирования первичных данных (геологических, гидрогеологических, минералогических, геохимических и т. д.) о строении и состоянии продуктивного горизонта. Блок моделирования и подсчета запасов предназначен для построения, на основе первичных данных, цифровых моделей (ЦМ) рудного тела и продуктивного горизонта. Блок также позволяет проводить анализ имеющихся данных и производить экстраполяцию/интерполяцию геологических, минералогических, гидрогеологических, геохимических и прочих данных различными математическими методами.

ТИС включает в себя блоки формирования модели структуры добычного комплекса (ДК), сбора данных, их согласования и подготовки отчетов. Первый блок предназначен для построения модели структуры ДК, включающей в себя совокупность технологических объектов (скважины, трубопроводы, блоки, ячейки и т.д.) и отношений между ними (блок – скважина, трубопровод – скважина и др.). Блок сбора данных представляет

собой совокупность клиентских программ, обеспечивающих поступление первичных фактических данных о параметрах технологического процесса и состоянии объектов ДК из различных источников. Блок согласования данных и подготовки отчетов предназначен для расчёта величин, которые по тем или иным причинам не были или не могут быть измерены; согласования всех данных о работе ДК, полученных из различных источников; определения значений геотехнологических показателей отработки месторождения. Исходными данными для расчетов являются модель структуры ДК и первичная информация, полученная с помощью блока сбора данных.

ГМС состоит из блоков подготовки данных и проведения геотехнологических расчетов. Блок подготовки данных предназначен для информационного обеспечения математического моделирования. В рамках этой задачи подготавливаются цифровые модели геологической среды, добычного комплекса, расчетные сетки, параметры моделирования, начальные и граничные условия. Блок моделирования на основе исходных данных выполняет расчеты физико-химических и гидродинамических процессов. При описании физико-химических процессов учитываются гомогенные и гетерогенные химические реакции, определяющие переход полезных компонентов из рудных минералов в раствор, и расход реагентов на взаимодействие с породой, сорбция и десорбция, образование и растворение осадков, комплексообразование и др. Гидродинамические процессы включают в себя фильтрацию технологических растворов, конвективный массоперенос, гидродинамическую дисперсию и изменение фильтрационных характеристик пористой среды.

ГЭАС состоит из блоков подготовки решений, представления и анализа данных. Блок представления данных позволяет визуализировать весь имеющийся в хранилище данных комплекс объем информации о геотехнологическом предприятии в виде интерактивных планов, графиков, таблиц, картин распределения, геологических колонок, разрезов карт и т.д. Блок анализа данных предназначен для исследования взаимосвязей между геологическими, геотехнологическими параметрами и показателями по произвольным выборкам объектов. Блок подготовки решений служит для оценки эффективности геотехнологического процесса и выработки рекомендаций для подготовки управляющих решений.

Можно выделить два основных варианта применения программного комплекса для решения задач информационного обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых методом подземного выщелачивания. В первом варианте комплекс непрерывно функционирует на всех этапах жизненного цикла геотехнологического предприятия. Осуществляется сбор данных, полученных в ходе изучения керна и геофизических исследований скважин. На основе полученной информации строится цифровая модель продуктивного горизонта. Затем, на основе

созданных, с помощью ГМС проводятся прогнозные расчеты геотехнологических показателей. Параметры моделирования определяются по результатам лабораторных исследований, геотехнологических опробований и опытно-промышленных геотехнологических исследований, проведенных на месторождении. На основе полученных результатов, выполняется выбор оптимальных схем и режимов отработки эксплуатационных блоков.

На стадии завершения разработки месторождения ГТИМЭК используется для планирования вывода из эксплуатации технологических объектов, прогнозирования и оценки геоэкологических последствий работы предприятия, определения продолжительности и глубины самоочистки загрязнённых вод.

Во втором варианте комплекс используется для решения конкретной, актуальной на данный момент, геотехнологической или геоэкологической задачи. На первом этапе на основе имеющихся данных создаются цифровые модели геологической среды и определяются параметры моделирования. На втором этапе выполняется моделирование процесса подземного выщелачивания, на основе совокупности данных мониторинга и результатов расчетов подготавливаются предложения, направленные на решение поставленной задачи.

Предложенная структура и принципы функционирования ГТИМЭК являются достаточно универсальными, что позволяет создавать программные комплексы, имеющие широкую область применения.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (проект П513).

ЛИТЕРАТУРА

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
2. Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. – М.: Изд-во АГН, 1998. – 446 с.
3. Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Информационное обеспечение геологоразведочных работ на инфильтрационном месторождении урана // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 314. – № 5. – с.85-90
4. Носков М.Д., Жиганов А.Н., Истомин А.Д., Кеслер А.Г., Чеглоков А.А. Геотехнологический информационно-моделирующий комплекс для повышения эффективности разработки месторождений урана методом подземного выщелачивания // Маркшейдерия и Недропользование, 2009. – № 2. – с.58-61
5. Истомин А.Д., Бабкин А.С., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Система информационной поддержки управления добычей урана методом скважинного подземного выщелачивания // Автоматизация в промышленности. – 2011. – № 1. – с.5-9

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Носков М.Д., Гуцул М.В., Жиганов А.Н., Кеслер А.Г., Носкова С.Н.

Северский Технологический Институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 636036 г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, e-mail:MD_Noskov@mail.ru

В настоящей работе предлагается комплексная физико-математическая модель, позволяющая моделировать изменение состояния продуктивного горизонта при добыче урана методом сернокислотного подземного выщелачивания (ПВ) и рассчитывать основные технологические параметры отработки блоков, а также представлены результаты моделирования отработки технологического блока месторождения урана методом ПВ.

Задачами управления геотехнологическим предприятием являются: повышение рентабельности разработки месторождения, увеличение доли урана извлекаемого из продуктивного горизонта и снижение загрязнения подземных вод являются основными[1, 2]. Для решения этих задач нужно уметь оценивать запасы урана, располагать информацией о геохимическом состоянии продуктивного горизонта и подземных вод, а также иметь возможность прогнозировать и сравнивать различные способы разработки блоков месторождения. Для этого необходима развернутая во времени модель блока позволяющая выбирать наиболее оптимальный способ его разработки.

Физико-математическая модель описывает фильтрацию многокомпонентного раствора в тонком ненаклонном пласте переменной мощности (плановая фильтрация). Гидродисперсия учитывается с помощью приближения двойной пористости. Согласно данному подходу вся пористость m представляется в виде суммы проточной m_1 и застойной m_2 частей ($m = m_1 + m_2$). Проточными порами называются поры, по которым жидкая фаза способна двигаться под действием градиента давления. Застойными порами называются поры, содержащие жидкость, не участвующую в адвективном движении. Часть жидкости, находящаяся в проточных порах, называется мобильной, а в застойных – иммобильной. Рассматриваемая в модели система состоит из четырех частей: мобильная часть жидкой фазы (1), иммобильная часть жидкой фазы (2), вмещающая порода, граничащая с мобильной частью жидкой фазы (3), вмещающая порода, граничащая с иммобильной частью жидкой фазы (4). Сжимаемость жидкости и минерального скелета породы не учитывается, так как эти эффекты незначительны и не оказывают существенного влияния на абсолютную проницаемость пористой среды, а также не приводят к

превращению проточных пор в застойные (или застойных пор в проточные). Скорость фильтрации U жидкости по проточным порам определяется законом Дарси:

$$U = -\frac{k}{\mu} \text{grad}(P), \quad (1)$$

где P – давление; μ – вязкость жидкости; k – коэффициент проницаемости среды. Распределение давления рассчитывается с помощью закона неразрывности потока жидкости в приближении жесткого режима фильтрации [2]:

$$\text{div}(U) = Q, \quad (2)$$

где Q – плотность мощности источников и стоков жидкости. В качестве источников и стоков жидкости выступают нагнетательные и откачные скважины.

В настоящей модели используется подход, основанный на выделении ограниченного числа минералов, компонентов и процессов, которых достаточно для описания взаимодействия вмещающей породы с серной кислотой. При этом реальные минералы, заменяются эффективными, описание которых позволяет учесть выход урана в раствор и убыль серной кислоты. В модели рассматриваются восемь групп минералов, которые различаются по составу (содержащие шестивалентный или четырехвалентный уран, кальций и др.) и скорости взаимодействия с раствором серной кислоты. При описании жидкой фазы рассматривается поведение одиннадцати компонентов (UO_2^{2+} , U^{4+} , H^+ , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , сульфатные комплексы уранила, урана и др.). Динамика концентраций всех компонентов в различных частях системы, за исключением иона водорода, описывается системой уравнений:

$$m_1 \frac{\partial C_1^i}{\partial t} = -\text{div}(C_1^i \cdot U) - J_{12}^i - J_{13}^i - \sum_{j=1}^8 J_{13}^{ij}, \quad (3)$$

$$m_2 \frac{\partial C_2^i}{\partial t} = J_{12}^i - J_{24}^i - \sum_{j=1}^8 J_{24}^{ij}, \quad (4)$$

$$\frac{m_1}{m} (1-m) \frac{\partial N_3^i}{\partial t} = J_{13}^i, \quad \frac{m_2}{m} (1-m) \frac{\partial N_4^i}{\partial t} = J_{24}^i, \quad (5)$$

$$\frac{m_1}{m} (1-m) \frac{\partial C_3^{ij}}{\partial t} = J_{13}^{ij}, \quad \frac{m_2}{m} (1-m) \frac{\partial C_4^{ij}}{\partial t} = J_{24}^{ij}, \quad (6)$$

где C_ϕ^i – концентрация i -го компонента в жидкой фазе (части системы $\Phi=1, 2$); N_ϕ^i – концентрация i -го компонента, сорбированного на поверхности ($\Phi=3, 4$); C_ϕ^{ij} – содержание i -го компонента в j -ом минерале в части Φ ($\Phi=3, 4$); J_{12}^i – плотность потока i -го компонента из мобильной

части жидкой фазы в иммобильную; J_{13}^i (J_{24}^i) – плотность потока i -го компонента из мобильной (иммобильной) части жидкой фазы на контактирующую с ней поверхность породы в результате сорбции (десорбции); J_{13}^{ij} (J_{24}^{ij}) – плотность потока i -го компонента из мобильной (иммобильной) части жидкой фазы в j -й минерал соответствующей части твердой фазы в результате процессов растворения ($J_{\Phi\Phi+2}^{ij} < 0$) или осаждения ($J_{\Phi\Phi+2}^{ij} > 0$). Концентрация иона водорода определяется из условия электронейтральности раствора. Плотность потока J_{12}^i между мобильной и иммобильной частями жидкой фазы принимается пропорциональной разнице концентраций компонентов:

$$J_{12}^i = \alpha^i (C_1^i - C_2^i), \quad (7)$$

где α^i – постоянная скорости массообмена. Плотность потока i -го компонента $J_{\Phi\Phi+2}^{ij}$ в часть Φ жидкой фазы ($\Phi=1, 2$) в результате растворения j -го минерала из части $\Phi+2$ определяется уравнением:

$$J_{\Phi\Phi+2}^{ij} = \alpha_+^j \cdot (S_{y\phi})_{\Phi}^j \cdot \theta(-\Delta F_{\Phi}^i) \cdot \Delta F_{\Phi}^i + \alpha_-^j \cdot \theta(\Delta F_{\Phi}^i) \cdot \Delta F_{\Phi}^i, \quad (\Phi=1,2) \quad (8)$$

где ΔF_{Φ}^i – движущая сила массопотока i -го компонента; α_+^j (α_-^j) – постоянная скорости растворения (осаждения) j -го минерала; $(S_{y\phi})_{\Phi}^j$ – удельная поверхность j -го минерала; $\theta(x)$ – ступенчатая функция ($\theta(x)=0$, если $x < 0$ и $\theta(x)=1$, если $x \geq 0$). В модели предполагается, что движущая сила ΔF_{Φ}^i массопотока i -го компонента в результате растворения ($\Delta F < 0$) или осаждения ($\Delta F > 0$) минералов определяется отклонением активности этого компонента в жидкой фазе от равновесного значения. Равновесные значения активностей компонентов являются функцией концентрации ионов водорода в соответствующей части жидкой фазы. Плотность массопотока i -го компонента $J_{\Phi\Phi+2}^i$ в часть Φ жидкой фазы из части $\Phi+2$ твердой фазы в результате физической сорбции (десорбции) описывается в рамках приближения линейной кинетики:

$$J_{\Phi\Phi+2}^i = -\alpha_S^i (C_{P,\Phi}^i - C_{\Phi}^i), \quad (\Phi=1,2) \quad (9)$$

где $C_{P,\Phi}^i$ – равновесная концентрация i -го компонента в растворе для процесса адсорбции (десорбции); α_S^i – константа скорости адсорбции (десорбции) i -го компонента.

На основе разработанной модели было создано проблемно-ориентированное программное обеспечение (ПО), которое было использовано для моделирования отработки блока месторождения урана. Применение ПО моделирования отработки блоков месторождения должно осуществляться в два этапа. На первом этапе создается цифровая модель блока. Проводится определение параметров моделирования физико-химических процессов по результатам лабораторных экспериментов и на основе данных опытных и опытно-промышленных работ.

На втором этапе проводится прогнозный расчет эксплуатации блока месторождения, основой для которого является цифровая модель блока.

В ходе выполнения работы была разработана комплексная физико-математическая модель, на основе которой разработано программное обеспечение, позволяющее моделировать разработку блока месторождения урана методом ПВ.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (проект П513).

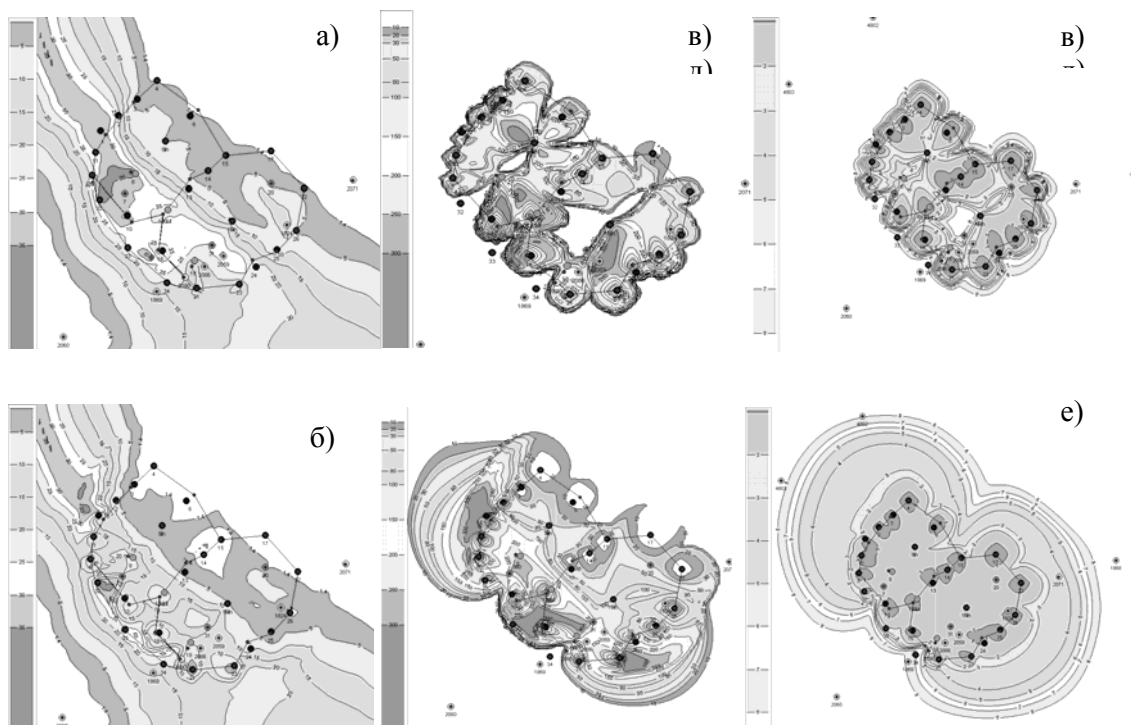


Рис.1 Распределения продуктивности ($\text{кг}/\text{м}^2$) (а, б), концентрация урана в жидкой фазе ($\text{мг}/\text{л}$) (в,г) и водородного показателя pH (д, е) в продуктивном горизонте. Момент времени для (а, в, д) соответствуют ж/т 0.2, Момент времени для (б, г, е) соответствуют ж/т 2.4

ЛИТЕРАТУРА

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
2. Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. – М.: Изд-во АГН, 1998.– 446 с.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОБЫЧНЫМ КОМПЛЕКСОМ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Носков М.Д., Истомин А.Д., Сакирко Г.К.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск, Томской обл.,
пр. Коммунистический 65., nmd@ssti.ru

Представлены принципы построения интеллектуальной автоматизированной информационной системы для управления добычей урана способом скважинного подземного выщелачивания.

Истощение богатых месторождений полезных ископаемых приводит к необходимости развития методов физико-химической геотехнологии и их применения для разработки бедных и глубокозалегающих месторождений, характеризующихся сложными гидрогеологическими и горно-технологическими условиями. Перспективным методом физико-химической геотехнологии для добычи урана, благородных, цветных и редких металлов является скважинное подземное выщелачивание [1]. Данный метод применяется при разработке месторождений, рудное тело которых находится в хорошо проницаемом подземном водоносном горизонте (продуктивном горизонте). Добыча полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания осуществляется с помощью системы технологических скважин. Через нагнетательные скважины в продуктивный горизонт подается выщелачивающий (рабочий) раствор, содержащий реагенты, способные растворять рудные минералы. Из откачных скважин на поверхность выдается продуктивный раствор, образующийся в подземном водоносном горизонте в результате физико-химического взаимодействия выщелачивающих реагентов с рудными минералами и вмещающими породами. Далее, в процессе переработки, из продуктивного раствора извлекаются полезные компоненты, а оставшиеся маточные растворы доукрепляются выщелачивающими реагентами и снова подаются в нагнетательные скважины в качестве рабочего раствора.

Отличительной особенностью скважинного подземного выщелачивания является сложность управления разработкой месторождений. Это обусловлено недостаточностью данных о продуктивном горизонте, невозможностью непосредственного наблюдения за технологическим процессом, значительной инерционностью геотехнологической системы, ограниченными возможностями воздействия на движение флюидов с помощью изменения режимов работы технологических скважин и др. Повысить эффективность управления разработкой месторождения можно на основе сбора и обработки большого объема разнородных (геологических, гидрологических, технологических и др.) данных с помощью интеллектуальной автоматизированной информационной системы.

Происходящее в последнее десятилетие в технологически развитых

странах внедрение систем управления, основанных на тотальной информатизации и интеллектуализации производства, дает предприятиям ощутимые конкурентные преимущества. Особенно эффективно применение интеллектуальных информационных систем в условиях работы распределенных и сложных производств с высоким уровнем неопределенности информации и большим количеством потоков контекстно-зависимых данных. Примером такого производства является работа предприятий по добыче полезных ископаемых. В настоящее время автоматизированные информационные системы применяются при разработке месторождений нефти и газа, а также добыче полезных ископаемых традиционными подземным и открытым горными способами. Применение существующих систем для разработки месторождений полезных ископаемых методами физико-химической геотехнологии затруднено в силу специфики данных методов. В связи с этим является актуальным создание интеллектуальных информационных систем для управления добычей полезных ископаемых методами физико-химической геотехнологии с учетом их отличительных особенностей. В настоящей работе рассматриваются принципы построения интеллектуальной автоматизированной информационной системы для управления добычей урана способом скважинного подземного выщелачивания.

Объектом управления является процесс подземного выщелачивания, происходящей в большой сложной природно-антропогенной открытой системе. Процесс характеризуется большими пространственными и временными масштабами, высокой инерционностью, множеством одновременно протекающих нелинейно связанных физико-химических процессов, значительным числом переменных состояния и управления, сложной корреляцией геотехнологических показателей, природных факторов и технологических, параметров, воздействием на объект многочисленных природных и техногенных возмущений. Технологический процесс является непрерывным. Для оптимизации геотехнологического процесса существует необходимость переключения нагнетательных и откачных скважин, применения различных вариантов конфигурации технологических схем, изменения дебитов скважин и содержания выщелачивающих реагентов в рабочих растворах. Выбор адекватного управляющего решения представляет зачастую нетривиальную задачу, и не всегда может быть осуществлен по predetermined регламентированным последовательностям операций. Управление должно основываться не только на информации о текущем состоянии и технологической истории объекта, но и на результатах прогнозного многовариантного моделирования геотехнологического процесса.

Объект управления включает в себя: подземный продуктивный горизонт с рудным телом; систему наблюдательных, контрольных и технологических (откачных и закачных), скважин; трубопроводы

продуктивных и рабочих растворов и магистральные насосы подачи рабочих растворов; технологический узел подготовки рабочих растворов. Управление происходит процессами подготовки рабочих растворов; движением рабочих растворов от закачных скважин к рудному телу; проведением гетерогенных химических реакций на поверхности раздела жидкой и твердой фаз; движением продуктивного раствора от рудного тела к откачным скважинам; выдачей продуктивных растворов на поверхность.

Интеллектуальная автоматизированная информационная система включает в себя: подсистемы первого уровня, предназначенные для интеллектуальной подготовки управленческих решений; подсистемы второго уровня, предназначенные для обработки, хранения и представления информации оперативному и управляющему персоналу на всех уровнях; подсистемы и устройства третьего уровня, обеспечивающие ручной ввод информации оперативным персоналом, автоматический ввод с устройств четвертого уровня, передачу информации в системе; устройства четвертого уровня, образующие сенсорную сеть первичного сбора информации с точек контроля и управления исполнительными механизмами; устройства и линии связи, обеспечивающие обмен информацией и командами между различными устройствами и подсистемами, а также связь со смежными системами.

В состав подсистем первого уровня входят экспертно-аналитическая система поддержки принятия решений и постоянно-действующая модель геотехнологического поля. В состав подсистем второго уровня входят хранилище данных, подсистема анализа, предназначенная для обработки первичных данных и формирования согласованных данных, расчетов геотехнологических показателей; подсистема представления данных, предназначенная для представления в интерактивном режиме данных по отдельным технологическим объектам, результатов геотехнологических расчетов состояния продуктивного горизонта с привязкой к плану геотехнологического поля; подсистема формирования отчетности, предназначенная для формирования по запросам пользователей технических отчетов в различных форматах, вывода подготовленных отчетных форм на печать; подсистема интеграции, предназначенную для взаимодействия со смежными системами. В состав подсистем и устройств третьего уровня входят клиентские программы для ручного ввода первичных данных; подсистемы и устройства автоматического сбора данных и управления исполнительными механизмами; устройства и линии связи, обеспечивающие обмен информацией и командами между различными устройствами и подсистемами. В состав подсистем и устройств четвертого уровня входят датчики расходов, уровней, давлений; преобразователи сигналов; исполнительные механизмы задвижек и дозаторов, регулируемые электроприводы насосов. Иерархическая структура системы показана на рисунке 1. В процессе функционирования

информационная система взаимодействует с горно-геологической информационной системой и автоматизированной информационной системой перерабатывающего комплекса [2].



Рис. 1. Уровни интеллектуальной автоматизированной информационной системы

Применение интеллектуальной автоматизированной информационной системы позволит повысить эффективность разработки месторождения методом скважинного подземного выщелачивания и снижение загрязнения окружающей среды за счет решения следующих задач: автоматизированный сбор и регистрация данных о геотехнологическом процессе; формирование актуальной и достоверной цифровой модели состояния природно-антропогенной системы на разных уровнях детализации; исключение потери данных, оперативная обработка информации, создание механизмов доступа к информационным ресурсам и визуализации данных; принятие оптимальных управленческих решений на основе всех имеющихся данных, баз знаний, многовариантного прогнозного моделирования; оптимизация режимов работы технологического оборудования путем контроля технологических параметров, визуального представления, и выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы, как в автоматическом режиме, так и в результате действий технолога – оператора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
2. Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Горно-геологическая информационная система для месторождения, разрабатываемого методом скважинного подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 7. – С. 178-183.

ВЛИЯНИЕ ДЕБИТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТРАБОТКИ БЛОКА ПРИ СУЩЕСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ МОЩНОСТИ ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА

Семёнова Р.А., Кеслер А.Г., Носков М.Д.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, nmd@ssti.ru

В данной работе представлены результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки блока от дебитов закачных скважин при неоднородном распределении эффективной мощности продуктивного горизонта. На основе анализа геотехнологических показателей отработки блока определено отношение дебитов, обеспечивающее оптимальное значение геотехнологических показателей блока.

Одним из перспективных методов добычи урана является сернокислотное скважинное подземное выщелачивание (СПВ) [1]. На эффективность добычи урана влияют физико-химические характеристики урановых и кислотопоглощающих минералов продуктивного горизонта, геологические параметры водоносного горизонта и технологические характеристики добычного комплекса. Существенная неоднородность мощности продуктивного горизонта приводит к снижению геотехнологических показателей отработки эксплуатационных блоков. Повышение эффективности отработки блоков может быть достигнуто с помощью управления дебитами технологических скважин.

В данной работе представлены результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки блока от дебитов закачных скважин при неоднородном распределении эффективной мощности продуктивного горизонта. Исследования были проведены с помощью разработанного в СТИ НИЯУ «МИФИ» специализированного программного обеспечения, позволяющего создавать цифровые модели технологических блоков и проводить моделирование процессов СПВ [2]. При моделировании описываются: растворение-осаждение минералов вследствие кислотно-основных процессов, гомогенные и гетерогенные окислительно-восстановительные процессы, комплексообразование, гидродинамическая дисперсия, фильтрация жидкости под действием градиента давления.

Исследования проводились на модельном блоке, построенном по сгущенной рядной схеме (рисунок 1). Блок состоял из двух закачных и одного откачного рядов. Границы рудного тела совпадали с границей блока. Расстояние между скважинами в закачном ряду составляло 20 м, между откачными скважинами 40 м, расстояние между рядами равнялось

40 м. Эффективная мощность продуктивного горизонта линейно менялась от верхнего закачного ряда к нижнему в диапазоне от 5 до 15 м (рисунок 1).

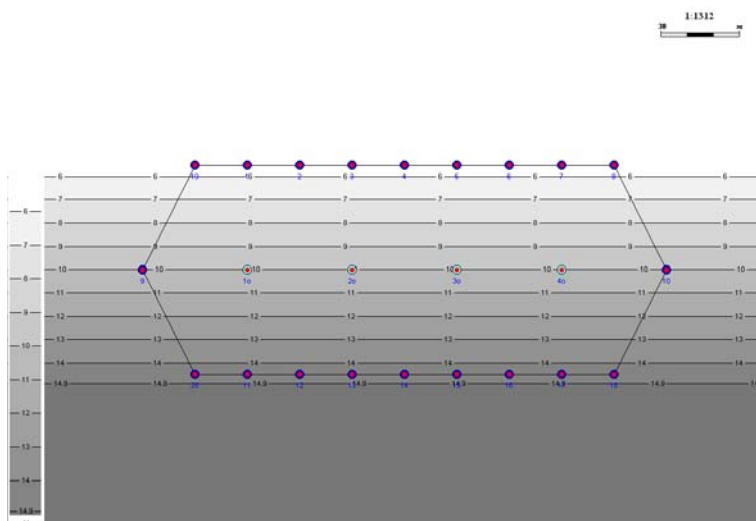


Рис.1. Распределение эффективной мощности продуктивного горизонта. Значение мощности показано изолиниями и оттенками серого. Тёмными кругами отмечены закачные скважины, светлыми – откачные, линией показана граница блока

Горнорудная масса (ГРМ) в пределах блока равнялась 266,4 тыс.т, запас урана составлял 106,5 т. Концентрация H_2SO_4 в выщелачивающем растворе (ВР) равнялась 7 г/л, Eh ВР был равен 430 мВ, концентрация железа и окислителя ($NaNO_2$) в ВР составляли 1200 и 100 мг/л соответственно. Суммарный дебит откачки равнялся 20 м³/ч. Дебит закачки был равен дебиту откачки. Основные геотехнологические характеристики продуктивного горизонта представлены в таблице.

Таблица. Основные геологические параметры модельного блока

Параметр	Значение
Коэффициент фильтрации породы, м/сут	3
Мощность пласта, м	5-15
Плотность породы, кг/м ³	1850
Пористость, доля	0.3
Содержание кислотопоглощающих минералов, кг/т	80
Содержание урана в пределах рудного тела, кг _{урана} /кг _{породы}	0.0003

Для выявления характера влияния дебитов технологических скважин на интенсивность отработки блока при существенной неоднородности мощности продуктивного горизонта были проведены численные эксперименты. Исследовалось влияние отношения дебита скважин нижнего закачного ряда (с большей мощностью) к дебиту скважин верхнего закачного ряда (с меньшей мощностью) на геотехнологические показатели отработки блока. Значения геотехнологических показателей

брались на момент достижения 80% извлечения урана. Исходные геологические параметры блока в процессе расчётов оставались постоянными. Технологическая характеристика отработки, за исключением отношения дебитов верхнего и нижнего рядов, также не изменялись.

Зависимость средней концентрации урана в продуктивном растворе (ПР) блока на момент отработки от отношения дебитов приведена на рисунке 2. При отношении дебитов равном 1,87 имеет место максимум средней концентрации урана в ПР. Максимуму концентрации соответствует минимум ж/т отработки блока (рисунок 3).

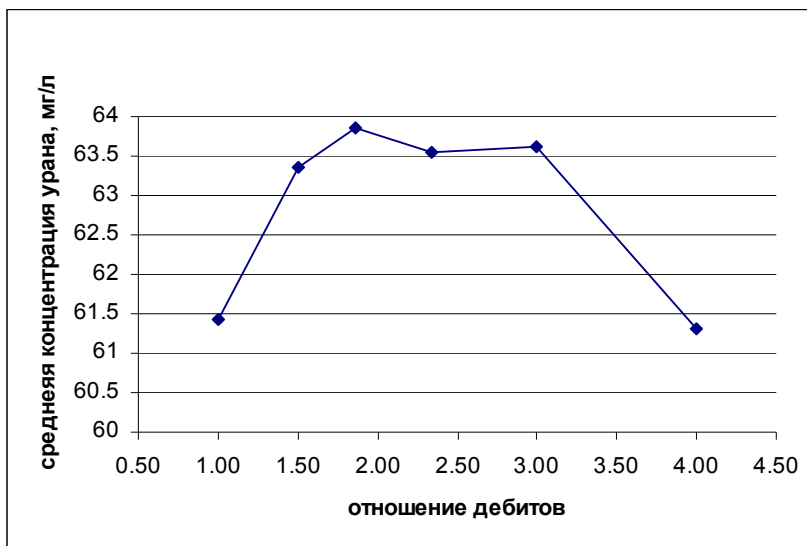


Рис.2. Зависимость средней концентрации урана от отношения дебита нижнего закачного ряда к верхнему

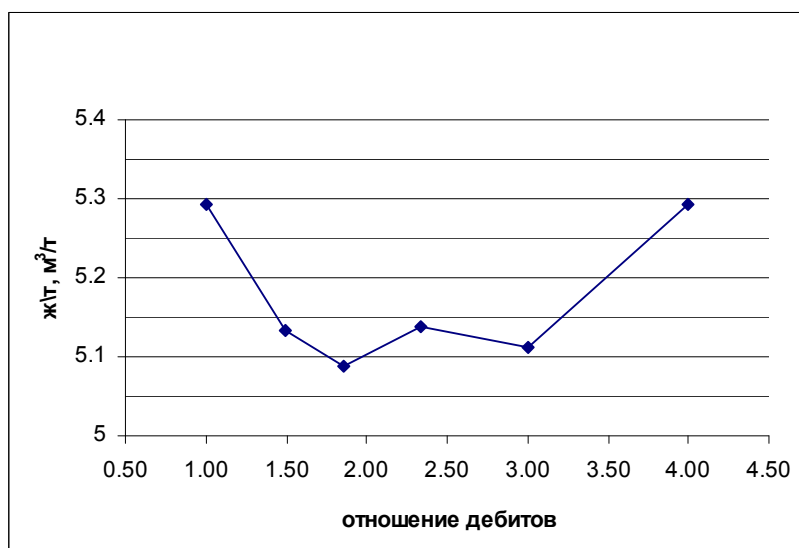


Рис.3. Зависимость ж/т отработки от отношения дебита нижнего закачного ряда к верхнему

На рисунке 4 представлена зависимость кислотоёмкости на момент отработки блока от отношения дебитов нижнего и верхнего закачных рядов. Минимум кислотоёмкости соответствует отношению дебитов 1,87, что коррелирует с максимумом средней концентрации урана в ПР и минимумом ж/т отработки.

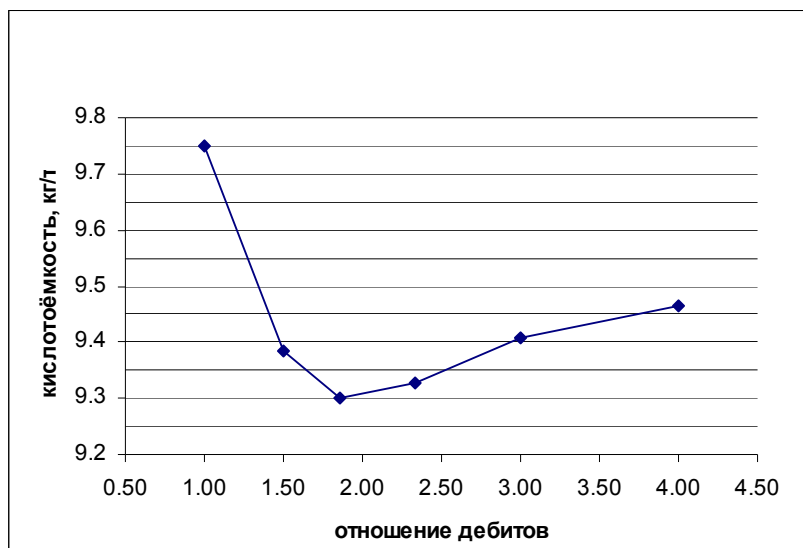


Рис. 4. Зависимость кислотоёмкости от отношения дебита нижнего закачного ряда к верхнему

Результаты численных исследований показали, что за счёт управления дебитами технологических скважин можно повысить эффективность отработки геотехнологического блока. В случае существенной неоднородности распределения эффективной мощности продуктивного горизонта повышение эффективности отработки целесообразно проводить за счёт уменьшения дебита на скважинах с низким значением мощности и увеличения дебита на скважинах с большей мощностью продуктивного горизонта. Показано, что существует отношение дебитов, обеспечивающих высокое качество продуктивных растворов, применение ж/т отработки и кислотоёмкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
2. Носков М.Д., Гуцул М.В., Истомин А.Д., Кеслер А.Г., Носкова С.Н. Применение математического моделирования для решения геотехнологических и экологических задач при добыче урана способом подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 7. – С. 361-366

МИГРАЦИЯ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКТИВНОМ ВОДОНОСНОМ ГОРИЗОНТЕ

Теровская Т.С., Носков М.Д.

Северский технологический университет НИЯУ МИФИ, 636019, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65

В статье рассмотрены основные процессы определяющие миграцию загрязняющих веществ, образующихся при разработке месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания.

Одним из перспективных способов разработки урановых месторождений является метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Добыча урана методом СПВ осуществляется непосредственно в области залегания рудного тела через систему технологических скважин [1]. Методом СПВ разрабатывают экзогенные месторождения урана, в которых рудное тело находится в хорошо проницаемом подземном водоносном горизонте (продуктивном горизонте). СПВ урана не сопровождается образованием отвалов пород и хвостохранилищ, осушением подземных водоносных горизонтов, образованием сбросных вод гидрометаллургических заводов и др. Таким образом, добыча урана данным методом оказывает меньшее влияние на окружающую среду по сравнению с традиционными способами добычи урана. Однако, при разработке месторождения методом СПВ, в результате нагнетания выщелачивающего реагента и взаимодействия его с вмещающей породой, в подземные воды поступают различные загрязняющие вещества [1-3]. При сернокислотном СПВ с рабочим раствором в пластовые воды поступают такие вещества как серная кислота и нитрит натрия. В результате взаимодействия выщелачивающих растворов с породой в пластовые воды переходят ионы, такие как Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Be^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , $\text{Ti}^{2+,4+}$, Cu^{2+} , Th^{4+} , Ra^{2+} , $\text{U}^{4+,6+}$ и др. В настоящей работе рассматриваются основные процессы, влияющие на миграцию загрязняющих веществ, образующихся при добыче урана методом сернокислотного СПВ.

Миграционные свойства загрязняющих веществ определяются гидродинамическими и физико-химическими процессами. К гидродинамическим процессам относятся фильтрация растворов в поровом пространстве и гидродинамическая дисперсия. Физико-химические процессы включают в себя комплексообразование, диффузию, гомофазные и гетерофазные окислительно-восстановительные и кислотно-основные процессы, молекулярную сорбцию, ионообменную сорбцию, хемосорбцию, реакции осаждения-растворения минералов, соосаждение компонентов раствора.

Перемещение загрязняющих веществ в пространстве происходит в результате конвективного массопереноса, гидродинамической дисперсии и молекулярной диффузии. Конвективный массоперенос является следствием движения жидкой фазы под действием градиента давления. Наличие разветвлений и изгибов пор приводит к изменению поля скоростей и рассеянию загрязняющих веществ в продуктивном горизонте. Молекулярная диффузия происходит в результате различия концентраций компонентов в различных частях порового пространства [4].

В растворах компоненты мигрируют в виде ионов, нейтральных молекул и комплексных соединений. Форма, в которой будет присутствовать данный компонент в жидкой фазе обуславливается геохимической обстановкой среды, которая определяется следующими факторами: кислотный показатель, окислительно-восстановительный потенциал, наличие в значительном количестве комплексообразователей, ионная сила раствора. Увеличение значения рН среды приводит к образованию соединений с гидроксид-ионом, многие из которых являются нерастворимыми. Анализ литературных источников [3-6] позволил составить таблицу 1, в которой приводятся значения рН среды при котором происходит выпадение осадка для некоторых загрязняющих компонентов.

Таблица 1.

Значение рН осаждения загрязняющих компонентов

Компонент	Формула осадка	рН осаждения
Zn^{2+}	$Zn(OH)_2$	$pH \approx 7,5$
Fe^{2+}	$Fe(OH)_2$	$pH \approx 7,0$
Cd^{2+}	$Cd(OH)_2$	$pH \approx 6,8$
Cu^{2+}	Cu_2O	$pH \approx 6,4$
Pb^{2+}	$Pb(OH)_2$	$pH \approx 5,3$
Al^{3+}	$Al(OH)_3$	$pH \approx 5,0$
$V^{3+,4+}$	V_2O_4, V_2O_3	$pH \approx 4,8$
Be^{2+}	$Be(OH)_2$	$pH \approx 4,5$
In^{3+}	$In(OH)_3$	$pH \approx 4,4$
UO_2^{2+}	$UO_2(OH)_2$	$pH \approx 4,0$
Si^{4+}	H_2SiO_3	$pH \approx 4,0$
Cr^{3+}	$Cr(OH)_3$	$pH \approx 3,3$
Fe^{3+}	$Fe(OH)_3$	$pH \approx 3,0$
U^{4+}	$U(OH)_4$	$pH \approx 2,5$
Th^{4+}	$Th(OH)_4$	$pH \approx 2,0$

Выщелачивающие растворы ПВ имеют более высокое значение окислительно-восстановительного потенциала по сравнению с пластовыми водами. В процессе движения технологических растворов в результате взаимодействия породы с раствором, значение Eh уменьшается, при этом

поливалентные элементы, такие как железо и уран могут менять степень окисления, при этом изменяя свои миграционные свойства.

В растворе жидкой фазе загрязняющие вещества могут находиться в виде комплексных соединений. Основным лигандом при сернокислотном выщелачивании является сульфат ион. При образовании комплексных соединений компоненты могут увеличивать свою миграционную способность либо формировать сульфатные нерастворимые соединения.

Сорбционные процессы можно разделить на физическую сорбцию, хемосорбцию и ионный обмен. Также различают адсорбцию, при которой сорбат осаждается на поверхности породы и абсорбцию, при которой сорбат поглощается всем объемом породы. В качестве основного сорбирующего материала в геохимических процессах являются глины.

Большое значение в снижении концентраций загрязняющих компонентов в подземных водах, определяется процессами осаждения. Например, выпадение осадков сульфатов при взаимодействии с катионами металлов, таких как Ca, Pb, Ti, Tl, Sr, Ag, Hg, Th, Ra (таблица 2). Параллельно с осаждением, иммобилизация загрязняющих элементов происходит за счет соосаждения с вновь образованными минералами.

Таблица 2.

Произведение растворимости сульфатов загрязняющих компонентов

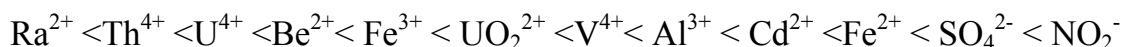
Компонент	Хим.формула осадка	Произведение растворимости
Pb	PbSO ₄	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Ti	Ti(SO ₄) ₂	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Tl	Tl ₂ SO ₄	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Ca	CaSO ₄	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Sr	SrSO ₄	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Hg	Hg ₂ SO ₄	$6,8 \cdot 10^{-7}$
Ag	Ag ₂ SO ₄	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Ra	RaSO ₄	$4,3 \cdot 10^{-11}$
Th	Th(SO ₄) ₂	$4,0 \cdot 10^{-3}$

С рабочими растворами в продуктивный горизонт поступают сульфат и нитрит ионы. Их концентрации в подземных водах могут снижаться за счет действия денитрифицирующих и сульфатредуцирующих бактерий.

По своим характеристикам и экологической значимости все загрязняющие компоненты могут быть разделены на пять групп. В группу I входят радионуклиды рядов урана и тория, выходящие в раствор в процессе выщелачивания (U-234, U-235, U-238, Th-230, Th-232, Th-228, Ra-228, Ra-226); группа II содержит компоненты выщелачивающих реагентов и продукты их преобразований (SO₄²⁻, NO₂⁻); группа III включает вещества, переходящие в технологические растворы в количествах существенно превышающих допустимые нормы (Be²⁺, Al³⁺, Fe^{2+,3+}, V⁴⁺,

Cd^{2+}); в группу IV входят вещества, содержание которых несущественно превышает допустимые нормы (Zn^{2+} , $\text{Pb}^{2+,3+,4+}$, $\text{Ti}^{2+,4+}$, Ti^{3+} , Ni^{2+} , Br^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}); V группа включает вещества, концентрация которых в технологических растворах не превышает значение допустимых норм ($\text{Co}^{2+,3+}$, Mo^{2+} , Sr^{2+} , $\text{Se}^{4+,6+,2-}$, Hg^+ , Ag^+ , Sb^{3+} , $\text{Te}^{4+,6+}$, Cu^{2+}).

С точки зрения экологической безопасности наибольший интерес представляют вещества входящие в первые три группы. По анализу соединений компонентов первых трех групп с сульфат-ионами и гидроксид-ионами, можно построить ряд миграционной способности загрязняющих веществ:



Концентрации в рабочих растворах нитрит-ионов малы, по сравнению с концентрацией сульфат-иона, которые при подземном выщелачивании во много раз превышают концентрации каких-либо других компонентов, достигая значений первых десятков граммов на литр. Таким образом, сульфат ион можно рассматривать как основной макрокомпонент – индикатор загрязнения, который обладает высокой миграционной способностью, по распространению которого можно судить об области распространения загрязнения подземных вод. Ввиду большого экологического значения и низких допустимых содержаний также при сернокислотном СПВ урана целесообразно контролировать распространение радионуклидов, несмотря на их низкие миграционные способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. – М.: Энергаториздат, 1997. – 672с.
2. Мамилев В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.
3. Лавров Н.П. и др. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. – М.: Изд. академии горных наук, 1989. – 437с.
4. Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование миграции подземных вод. – М.: Недра, 1986. – 208с.
5. Солодов И.Н., Кочкин Б.Т., Влияние геоструктурных и геохимических факторов на распространение техногенных сернокислых рассолов в водоносном горизонте, вмещающем урановую залежь месторождения Букинай (Казылкумы) // Геология рудных месторождений. – 1996. – Т-38, №1. – С.87-102.
6. Крайнов С.Р., Швеи В.М. Гидрохимия. – М.: Недра, 1992. – 463с.

Раздел МАШИНЫ И АППАРАТЫ ЯДЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ НАГРЕВ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ НУЖД ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дивановская А.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.Северск,
Томской обл., пр.Коммунистический, 65

Divaanna@yandex.ru

В результате работы был спроектирован участок нагрева серной кислоты для ГМК «Норильский никель», выполненный с помощью САПР программ комплекса Autodesk Plant, а именно был спроектирован узел хранения и подачи серной кислоты, электродный трубчатый нагреватель, несущий каркас емкости серной кислоты, трубопроводная арматура и КИП.

При производстве искусственного ангидрита путем нейтрализации серной кислотой известняка для технологии приготовления закладочных смесей на его основе необходимо обеспечить подвод тепла в зону реагирования. Применяемые методы подвода тепла через стенку реактора характеризуются большими энергетическими затратами из-за больших потерь тепла, громоздкостью и сложностью применяемого оборудования, малой интенсивностью подвода тепла.

Наиболее эффективным является подвод тепла в зону реагирования вместе с серной кислотой путем предварительного ее нагревания тепловым эффектом реакции при смешении с водяным паром. Этот метод нагрева обеспечивает температуру серной кислоты 100 °С и высокие технологические параметры процесса сульфатизации, однако приводит к разбавлению серной кислоты, избытку влаги в сульфатной массе, перерасходу серной кислоты от стехиометрического количества, что отрицательно влияет на экономические показатели и дальнейший процесс переработки продуктов реакции.

Для устранения этих недостатков в Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ на кафедре МАХАП для предприятия ОАО ГМК «Норильский никель» была разработана установка прямого нагрева 93%-ной серной кислоты производительностью 500 кг/час до температуры 160 °С с тиристорным регулятором мощности с номинальным током нагрузки до 400 А, который обеспечивает регулирование переменного напряжения в трубчатом нагревателе 220/380 В 50 Гц на активной нагрузке ($\cos \varphi > 0,2$) фазовым методом.

Нагрузка к регулятору подключается по схеме «звезда» с рабочей нейтралью. Регулятор может применяться как для ручного управления уровнем мощности, выделяемой на нагрузке, так и дистанционного

управления в составе системы автоматизации, где в качестве управляющего сигнала применяется стандартный сигнал 4-20 мА от термометра сопротивления ДТС145-100П.В3.60. Поддержание и регулирование нагрузки осуществляется микропроцессорным программируемым устройством на основе ПИД регулятора ТРМ210-Щ1.ИР. Регулятор имеет широкий комплекс защит IP20 и автодиагностики, обеспечивающих надежное функционирование устройства и своевременное информирование оператора о возникающих неисправностях, и их упреждение.

Одна из конструкции проточного электродного нагревателя, успешно прошедшего промышленные испытания, изображена на рисунке 1.

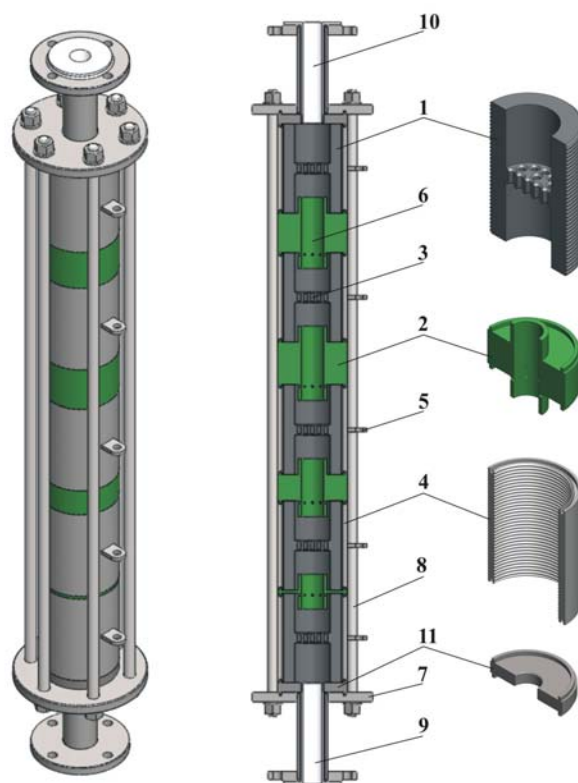


Рис.1. Электродный нагреватель проточного типа

1 - электрод; 2 - изолятор межэлектродный; 3 - перегородка электрода; 4 - обойма; 5 - электрический контакт; 6 - диэлектрическая

Тиристорный регулятор мощности и электродный трубчатый нагреватель был спроектирован, изготовлен и апробирован на базе ООО «ТПУЭкоСтрой» и передан заказчику ГМК «Норильский никель» в сентябре 2013 года. Испытания нагревателя и регулятора мощности показали высокую эффективность этого способа нагрева и разработанной конструкции, возможность достижения температур серной кислоты до 200°C, при высокой удельной мощности нагревателя, составляющей 6000 -

8000 кВт/м³.вставка; 7 - фланец; 8 - шпилька; 9, 10 - патрубки; 11 – изолятор.

Внешний вид ПИД регулятора ТРМ210-Щ1.ИР представлен на рисунке 2.



Рис.2. Внешний вид регулятора

В процессе работы проведено моделирование процессов гидродинамики в среде Solid Works модуля Flow Simulation. Движение текущей среды моделировалось с помощью уравнений Навье – Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии среды. При моделировании турбулентных течений уравнения Навье – Стокса осредняются по Рейнольдсу. Модель позволяет моделировать турбулентные, ламинарные и переходные течения.

Процесс гидродинамики аппарата представлен на рисунке 3.

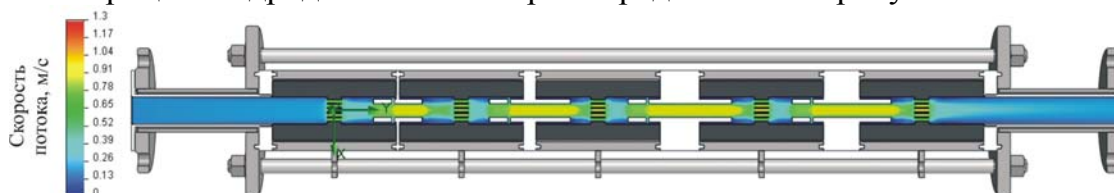


Рис.3. Процесс гидродинамики электродного нагревателя

В ходе проведенных исследований были вычислены значения скоростей потока в разных сечениях аппарата, при этом значения скоростей варьировались от 0 до 1,3 м/с. Было замечено, что в некоторых сечениях аппарата скорость потока близка к 0 м/с, то есть образуются застойные зоны. При прохождении потока через отверстия в электродах скорость увеличивается до 0,78 м/с, а через межэлектродный изолятор достигается максимальная скорость потока, равная 1,3 м/с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИКИ РАБОТЫ КОЛОННОГО ЭКСТРАКТОРА

Кривоустов С.И., Пищулин В.П., Теровский С.В.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск-36, Томской области, пр.Коммунистический,65
E-mail: pischulin@ssti.ru

Предложен метод диагностики работы экстракционного оборудования с применением метода математической статистики. Составлена схема информационных потоков для оценивания переменных состояния и параметров модели. Предложено дерево решений для диагностирования неполадок в экстракционной колонне с пакетной насадкой «ТМ».

Широкое использование экстракционных пульсационных колонных аппаратов связано с их большой производительностью. Однако малое время контакта фаз приводит к тому, что экстракционная система «раствор – экстрагент» оказывается неравновесной по всей высоте колонны. Это вызывает значительные затруднения, как в экспериментальном моделировании процессов, так и в описании их с помощью математических моделей. Растворы, подаваемые на вход экстракционной колонны, могут значительно различаться по своему составу, в тоже время к входным растворам предъявляются жёсткие требования. Математическое описание процесса экстракции является сложным многофакторным процессом, где рассматривается вся совокупность равновесных, гидродинамических и кинетических данных, получаемых на разных стадиях изучения процесса.

В настоящее время методика диагностики технологии и работы оборудования на основе математической статистики с использованием ЭВМ широко применяется в технологической практике. Статистические методы позволяют оперативно и своевременно выявить причину, внести корректировку, устранить намечающиеся отклонения, разработать предупреждающие мероприятия, исключая повторение выявленной ситуации. Надёжность работы химико-технологического оборудования обеспечивает стабильность технологического процесса и всего химико-технологического производства [1].

Цель работы состояла в разработке метода диагностики работы экстракционного оборудования с применением математической статистики. Постановка задачи заключалась в следующем: сбор информации по работе оборудования; формирование базы данных с дальнейшей обработкой; выявление дефектов и факторов, влияющих на течение технологического процесса экстракции.

В данной работе исследуемым объектом являлся пульсационный колонный экстрактор с пакетной насадкой «ТМ» [2]. В качестве

источников для сбора информации о работе оборудования, формирования базы данных использовались материалы, начиная с проектов, конструкторской документации, документов, графиков планово-предупредительных ремонтов, заканчивая документами по отслеживанию параметров и рабочего состояния оборудования на текущий момент. В результате исследования, сбора и обработки материалов выявлено, что основными характеристиками надёжности и устойчивой работы оборудования технологического процесса экстракции, является безотказная работа элементов этого оборудования, приборного оснащения, выполнение требований технологических регламентов (человеческий фактор), бесперебойное обеспечение энергией.

Впервые на основе теоретических и экспериментальных данных выявлены основные факторы, влияющие на устойчивость и работоспособность пульсационных колонных экстракторов. Разработанная методика для данной колонны экстракции может использоваться для других экстракционных колонн с учётом особенностей проведения процесса и их работы.

Методика заключается в определении основных характеристик работы исполнительных механизмов и конструктивных элементов оборудования, которые влияют, как фактор, своими сбоями и отказами на работоспособность экстрактора в общей технологической схеме; в установлении часто повторяющихся дефектов, отклонений в процессе эксплуатации оборудования. Анализ работы оборудования включает в себя следующие стадии:

1. Обнаружение самой неполадки;
2. Установление момента, когда это произошло;
3. Классификация неполадки.

На основании наблюдаемых откликов производилась оценка величин переменных, характеризующих состояние процесса. Эти оценки сопоставлялись с помощью статистических критериев с соответствующими величинами, найденными при нормальных условиях работы, чтобы установить, существуют ли неполадки [3]. Местонахождение неполадки определялось сравнением параметров модели с физическими особенностями процесса, используя при этом теоретические закономерности, материальный и энергетический балансы. Общая схема нахождения переменных состояния и параметров модели показана на рисунке 1.

Для нахождения оценок переменных состояния и параметров модели осуществлялись необходимые этапы:

1. Сбор данных (проводятся необходимые эксперименты, наблюдения).
2. Оценка параметров процесса (выполнение расчетов с помощью программного обеспечения).

3. Обнаружение неполадок (проведение контроля статистических характеристик процесса, отклонение параметров процесса, величины оценок коэффициентов модели процесса).
4. Моделирование неполадок (проведение оценивания неполадок и выражение в цифрах влияние сделанных изменений на параметры процесса).
5. Разработка модели (математическое описание процесса экстракции).
6. Диагностика неполадки.

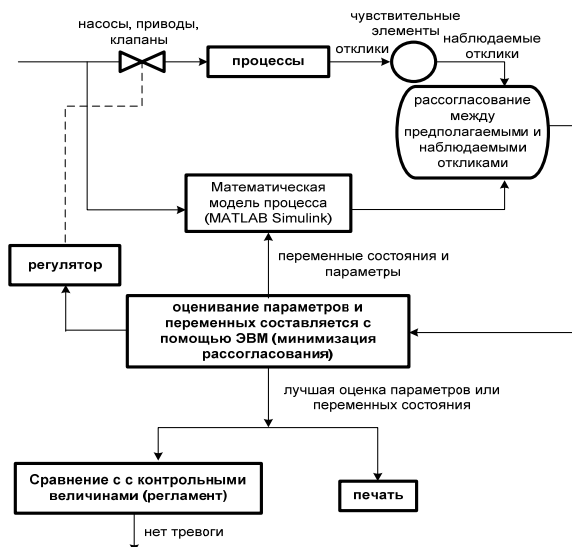


Рис. 1. Схема информационных потоков для оценивания переменных состояния и параметров модели.

Моделирование неполадки или анализ предшествующих данных о процессе дают ключ к выявлению конкретных случаев отклонений от нормальной работы оборудования, то есть его работоспособности. Для решения задачи математического моделирования процесса экстракции нами использована диффузионная модель [4], позволяющая учесть пространственное распределение извлекаемого компонента по высоте экстракционной колонны. Математическое описание процесса заключается в составлении дифференциальных уравнений материального баланса растворенного вещества, которые учитывают содержание его в обеих фазах. Уравнения равновесия учитывают концентрацию извлекаемого компонента в дисперсной и сплошной фазах. Результаты численных исследований позволили установить распределение в органической и водной фазе по высоте колонны концентрацию ценного компонента. Анализ распределения концентрации ценного компонента по высоте колонны при разных режимах работы оборудования показал адекватность полученных данных регламентному режиму работы колонны. В результате математического моделирования была разработана модель процесса

экстракции в пульсационной экстракционной колонне, позволяющая определить оптимальные значения коэффициентов продольного перемешивания и объемной массопередачи. Это даёт возможность в дальнейшем определять оптимальный диапазон концентрации ценного компонента в исходном растворе при подготовке его к процессу экстракции. Для обнаружения и диагностики неполадок в процессе работы экстракционной колонны (определения работоспособности) разработан алгоритм, определены следующие этапы (процедуры) обнаружения неполадок, их цель и необходимые для этого действия [5]. Для конкретизации неполадок нами предложено дерево неполадок экстракционной колонны, представленное на рисунке 2, позволяющее произвести необходимый анализ, включающий следующие этапы:

Этап 1. Формулирование основной проблемы (или проблем) (в данном случае она выражалась в несоответствии (отклонения от регламентных норм) концентрации ценного компонента в экстракте, выявлении факторов, влияющих на протекание процесса в колонне, вызывающих тем самым отклонения от норм выходного продукта).

Этап 2. Просмотр оперативных записей (проведение бесед с опытными операторами для того, чтобы узнать, что они предпринимают, когда возникает такая проблема; определение, какого рода информация необходима для выяснения причин неполадок. На основании этого проводятся обследования (сбор данных о работе колонны в целом).

Этап 3. Выбор и временная установка необходимых приборов для сбора данных.

Этап 4. Сбор ключевых оперативных данных как функций от времени. Анализ показателей приборов и расчетов.

Этап 5. Установление связи между изменениями переменных при работе аппарата. Получение корреляционных зависимостей. Проверка изменения физических параметров с помощью автоматического регулирования.

Этап 6. Моделирование поведения колонны в динамике и статике, оценка неизвестных коэффициентов модели по представительным данным оперативных наблюдений.

Этап 7. Определение необходимых изменений в конструкции аппаратуры, приборах управления и в условиях проведения процесса.

Этап 8. Проведение скорректированного процесса со сделанными усовершенствованиями и проверка работы установки.

Данные процедуры дают возможность увеличить производительность и повысить эффективность процесса [6].

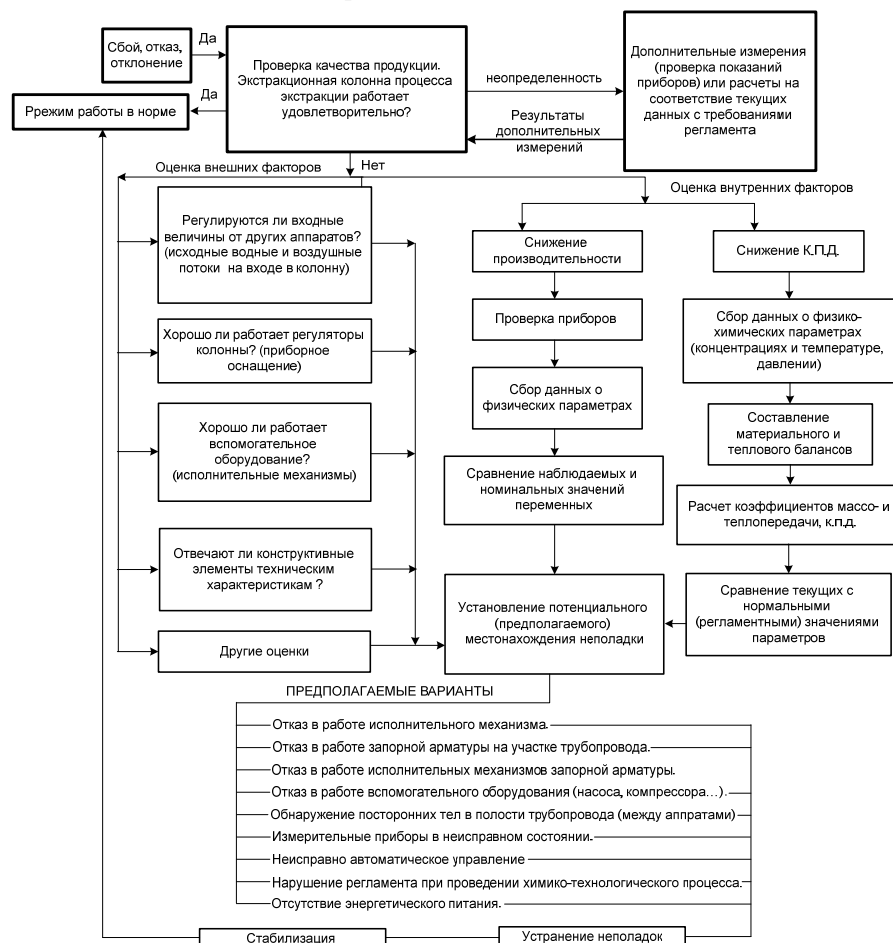


Рис. 2. Дерево решений для диагностирования неполадок в экстракционной колонне с пакетной насадкой «ТМ».

Таким образом, подход к технологическому объекту как к «черному ящику», то есть без учета процессов, проходящих внутри самого объекта, позволяет создать модель с минимальными затратами на сбор и обработку информации. Для этого на данный момент применяется статистический регрессионный анализ. Основная задача анализа сводится к получению математической модели и оценке влияния каждого фактора на процесс. Получение математической модели методом регрессионного анализа определяется следующими условиями (предпосылками):

1. Точность, с которой задаются независимые переменные x_j , не являющиеся случайными величинами, должна быть высока; к точности измерения параметра оптимизации y (случайной величины) предъявляют менее жесткие требования.

2. Каждая из независимых переменных не является линейной комбинацией остальных независимых переменных.

3. Интервал между значениями факторов в соседних точках не должен быть меньше или равен ошибке, с которой задаются этим интервалом.

4. Значения функции отклика в точках факторного пространства должны определяться независимо друг от друга.

5. В исследуемом интервале изменения факторов дисперсии воспроизводимости должны быть однородными.

Выводы

1. Исследованы причины отклонений работы экстракционного оборудования от регламентных норм, проанализированы дефекты при эксплуатации исследуемого оборудования [7].

2. Проведен анализ данных, задействованных в процессе экстракции [8].

3. Разработан алгоритм диагностики работы оборудования химико-технологического процесса с применением метода математической статистики.

4. Составлена схема информационных потоков для оценивания переменных состояния и параметров модели.

5. Предложено дерево решений для диагностирования неполадок в экстракционной колонне с пакетной насадкой «ТМ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Т.А., Блиничев В.Н. Надежность химико-технологических производств. – Иваново, 2007. – 199 с.
2. Описание изобретения к авторскому свидетельству (19) SU (11) 1379968 A1, (51) 4 B 01 D 3/22, 11/04 «Массообменная тарелка» («ТМ»).
3. Кривоустов С.И., Пишулин В.П., Шамин В.И. Диагностика работы экстракционного оборудования // Актуальные проблемы химической технологии и подготовки кадров: Матер. Всеросс. научно-практ. конф. – Уфа: УГНТУ, 2006. – С. 262–265.
4. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособ. для вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
5. Кривоустов С.И., Пишулин В.П. Диагностика оборудования по отклонениям в момент ведения химико-технологического процесса // «Молодежь ЯТЦ: наука и производство» Материалы отраслевой научно-практической конференции молодых специалистов и аспирантов: 13-17 ноября 2007 г. – г. Северск: Изд. СГТА, 2007. – С.29 – 32.
6. Химмельблау Д., Обнаружение и диагностика неполадок в химических процессах: Пер. с англ. – Л.: Химия, 1983. – 352 с.
7. Кривоустов С.И., Пишулин В.П. Анализ работоспособности экстракционной колонны // Известия ТПУ. – Томск, 2009. – Т. 315, - № 3 – С.39 – 44.
8. Кривоустов С.И., Пишулин В.П. Разработка методики диагностирования работы пульсационного экстрактора // Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности: Сборник статей, посвященный 50-летию Северской государственной технологической академии. – Северск: Изд. СГТА, 2009. – С.171 - 175.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ В
КОЛОННОМ ПУЛЬСАЦИОННОМ ЭКСТРАКТОРЕ**

**Кривоустов С.И., Пищулин В.П., Брендаков В.Н., Теровский С.В.,
Трошкин В.П.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск-36, Томской области, пр.Коммунистический,65
E-mail: pischulin@ssti.ru

В работе рассмотрено построение математической модели процесса экстракции в экстракционной колонне. Проведён анализ процесса массопередачи, выполнены расчёты k_V , получено регрессионное уравнение, описывающее процесс экстракции в колонном пульсационном экстракторе.

При разработке новой химико-технологической системы (ХТС) или модернизации существующей, основная задача заключается в создании высокоэффективного химического производства. При эксплуатации существующей ХТС необходимо таким образом управлять производством, чтобы при высокой производительности и низких капитальных и текущих затратах обеспечить получение продукта требуемого качества.

Важное место для осуществления требований по эксплуатации, понимания её принципов организации и функционирования производства, технологической схемы, процессов и так далее, занимают вопросы моделирования химико-технологических систем.

Основной задачей работы является освоение основных принципов и методов синтеза, анализа, моделирования и оптимизации технологических схем реального производства, то есть замкнутых и разомкнутых ХТС с учётом взаимодействия между аппаратами при существующих технологических и аппаратурных ограничениях, требований по производительности и качеству продукции.

В данной работе рассматривается построение математической модели процесса экстракции в экстракционной пульсационной колонне на основе теоретического анализа.

Рабочим материалом в экстракционном оборудовании является двухфазная среда, изучение характеристик которой представляется весьма важным при исследовании различных методов интенсификации процесса экстракции, для определения оптимальных режимов работы оборудования [1].

Основным параметром, позволяющим управлять процессом экстракции в колонне, является расход водной фазы.

Как показывает практика, любая теоретическая модель не может с достаточной точностью описать процесс экстракции в колонне. Скорости течения фаз есть нестационарные функции, изменяющиеся по высоте колонны.

Рассматриваемую экстракционную систему характеризует коэффициент распределения ценного компонента между двумя фазами m ,

определяемый как отношение концентраций компонента в органической и водной фазах при равновесии.

$$m = \frac{c_{орг}^*}{c_{вод.}}$$

где $c_{орг}^*$ – равновесная концентрация ценного компонента в органической фазе; $c_{вод.}$ – концентрация ценного компонента в водной фазе.

Коэффициент распределения зависит от свойств экстрагента, от концентрации распределяемого вещества (ценного компонента) в исходном водном растворе, наличия кислот и солей, природы разбавителя, состава экстрагируемого комплекса и тому подобное.

Анализ работы экстракторов, как объекта управления с его контролируемыми параметрами требует разработки математического описания технологического процесса экстракции, ориентированного на получение количественной оценки, основных свойств надёжности, эффективности и оптимизации работы каскада экстракционных колонн [2].

В данной работе использована диффузионная модель процесса экстракции, записанная в дифференциальной форме, в отличие от работы В.В. Кафарова [1], где она рассматривается в алгебраической форме [3]. Модель В.В. Кафарова взята за основу для вновь создаваемой модели процесса экстракции в пульсационном колонном экстракторе. После проведения математических преобразований получены уравнения переноса для каждой из фаз (водной и органической):

$$U_{вод.} \frac{dc_{вод.}}{dz} = D_{вод.} \frac{d^2 c_{вод.}}{dz^2} - J,$$

где $U_{вод.} \frac{dc_{вод.}}{dz}$ – конвективный перенос в водной фазе; $D_{вод.} \frac{d^2 c_{вод.}}{dz^2}$ – диффузионный перенос в водной фазе.

$$U_{орг.} \frac{dc_{орг.}}{dz} = D_{орг.} \frac{d^2 c_{орг.}}{dz^2} + J$$

где $U_{орг.} \frac{dc_{орг.}}{dz}$ – конвективный перенос в органической фазе; $D_{орг.} \frac{d^2 c_{орг.}}{dz^2}$ – диффузионный перенос в органической фазе;

$$J = k_V (c_{орг.}^* - c_{орг.}),$$

где J – удельный поток массы, пропорциональный градиенту концентрации ценного компонента между фазами [1]; k_V – объёмный коэффициент массопередачи, учитывающий молекулярную и конвективную диффузию при моделировании процесса экстракции, который изменяется по высоте экстрактора согласно параболическому закону:

$$k_V = f(z) = az^2 + bz + \dots;$$

$c_{орг}^* = mc_{вод.}$ – равновесная концентрация ценного компонента в органической фазе; $c_{орг.}$ – рабочая концентрация ценного компонента в органической фазе.

На основе подбора коэффициентов продольного перемешивания и объёмной массопередачи нами получен окончательный вид зависимости удельного потока по высоте реакционной зоны экстрактора в пределах регламентного режима его работы (рисунок 1).

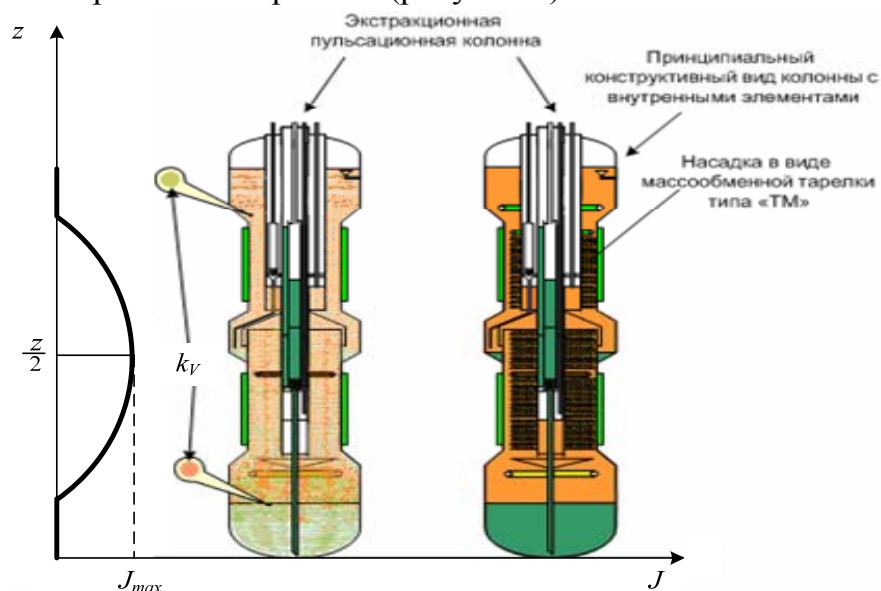


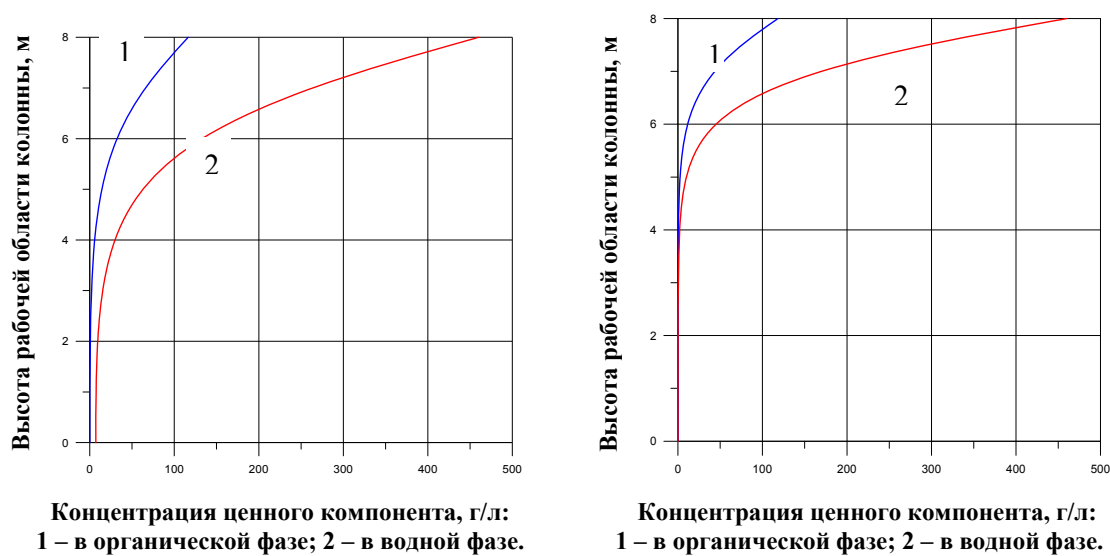
Рис. 1. Зависимость удельного потока массы от высоты экстрактора

На рисунке 2 показана зависимость изменения концентрации ценного компонента в органической и в водной фазах (экстракте и рафинате) по высоте экстракционной колонны при различных значениях объёмного коэффициента массопередачи k_v . При выполнении численного анализа значений объёмного коэффициента массопередачи k_v принимали в диапазоне 0,5...2,0 от среднего значения k_v .

В качестве варьируемых параметров использовались данные о концентрации ценного компонента в водной фазе на входе в колонну, расходах органической и водной фаз – соответственно, определялись концентрации ценного компонента в органической фазе на выходе из колонны.

Решение поставленной задачи позволило описать закономерности процесса массопередачи в объекте, определить значения k_v .

При разработке статистической модели ХТС, математическое описание представлялось в виде регрессионных уравнений зависимостей выходных параметров от входных, и представляло собой линейное или нелинейное полиномиальное уравнение. В частности при описании распределения (одного) компонента между двумя несмешивающимися растворами использовались полиномиальные уравнения.



В процессе составления статистической модели, выбор параметров для определения функциональной зависимости определялся регрессионным уравнением, которое строилось в соответствии с регламентными значениями по концентрации продукта на выходе из колонны (экстракта) в заданном диапазоне в системе параметрического мониторинга.

На основе режимов технологических параметров, используемых данных изменения выходных параметров от входных, выполнена обработка результатов, с целью получения коэффициентов регрессионного уравнения. В результате имеющихся эмпирических данных и численного расчёта получено регрессионное уравнение, адекватно реальному процессу, о чем свидетельствует большое значение критерия Фишера.

Регрессионное уравнение имеет следующий вид:

$$c_{орг.}^{выход.} = 9,1 + 0,25c_{водн.}^{выход.} - 16,87Q_{орг.}^{выход.} + 60,55Q_{водн.}^{выход.}$$

где $c_{орг.}^{выход.}$ — концентрация ценного компонента в органической фазе (экстракте);

$c_{водн.}^{выход.}$ — концентрация ценного компонента в водном — исходном подготовленном к экстракции) растворе;

$Q_{орг.}^{выход.}$ — расход органической фазы на входе в экстракционную колонну;

$Q_{водн.}^{выход.}$ — расход водной фазы на входе в экстракционную колонну.

Выводы

1. Составлена система дифференциальных уравнений переноса вещества в водной и органической фазах.
2. Предложена модель процесса экстракции в экстракционной пульсационной колонне с массообменными тарелками «ТМ», записанная в дифференциальной форме с переменными по высоте колонны коэффициентами объёмного массообмена.
3. Получено регрессионное уравнение зависимости концентрации ценного компонента в экстракте от концентрации и расхода водной фазы, а также расхода экстрагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
2. Кривопустов С.И., Пищулин В.П. Исследования основных характеристик надёжности технологического процесса экстракции // Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности: Сборник статей, посвященный 50-летию Северской государственной технологической академии. – Северск: Изд. СГТА, 2009. – С. 176 – 181.
3. Кривопустов С.И., Пищулин В.П., Брендаков В.Н., Трошкин В.П. Исследование процесса экстракции в колонном экстракторе // Молодежь ЯТЦ: наука и производство: Материалы отраслевой научно-практической конференции молодых специалистов и аспирантов 9-12 ноября 2009 г. – ФГУП «ГХК» - г. Железногорск: ФГУП «ГХК», 2009. – 260 с.

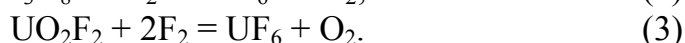
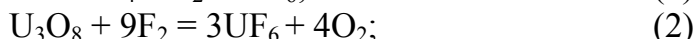
РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ГИДРОФТОРИРОВАНИЯ ОКСИДОВ УРАНА

Русакова Ю.И., Пищулин В.П., Зарипова Л.Ф.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
Россия, 636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: pischulin@ssti.ru

Установка гидрофторирования оксидов урана разработана с целью снижения удельного расхода элементного фтора при производстве гексафторида урана (ГФУ).

ГФУ в производственных условиях получается фторированием тетрафторида урана, оксидов урана, например, U_3O_8 , оксифторида или уранилфторида по реакциям:



Первый метод наиболее экономичен по расходу фтора, но требует сложного обеспечения технологическим оборудованием и расходом реагентов для предварительного получения UF_4 . Второй метод является наименее выгодным из-за большого расхода фтора (3 моля F_2 на 1 атом U), однако до сих пор на производстве он является единственным методом получения гексафторида урана по наиболее короткой технологической схеме с минимальным количеством оборудования.

С целью уменьшения расхода фтора был предложен новый метод получения ГФУ. В основу этого способа положен процесс предварительного взаимодействия оксидов урана с безводным фтороводородом (БФВ). Готовым продуктом предлагаемой установки являются тетрафторид урана и фтороксиды урана с содержанием фтора до 20%, который далее направляется на фторирование с получением ГФУ. Фтороксиды урана представляют собой смесь порошкообразных материалов: уранилфторида, тетрафторида урана (ТФУ) и закиси-окиси урана (ЗОУ).

Исходным сырьем для установки гидрофторирования являются:

- закись-окись урана;
- полупродукт с содержанием фтора до 10 %;
- безводный фтороводород.

Вспомогательными материалами для установки гидрофторирования являются:

- рассол (раствор $CaCl_2$);
- пар водяной;
- сжатый азот;
- вода техническая;

- сжатый осушенный воздух.

Нами спроектирована опытно-промышленная установка гидрофторирования оксида урана U_3O_8 производительностью 1000 кг/ч по урану. Принципиальная схема процесса получения ГФУ с предварительным гидрофторированием оксидов урана представлена на рисунке 1.

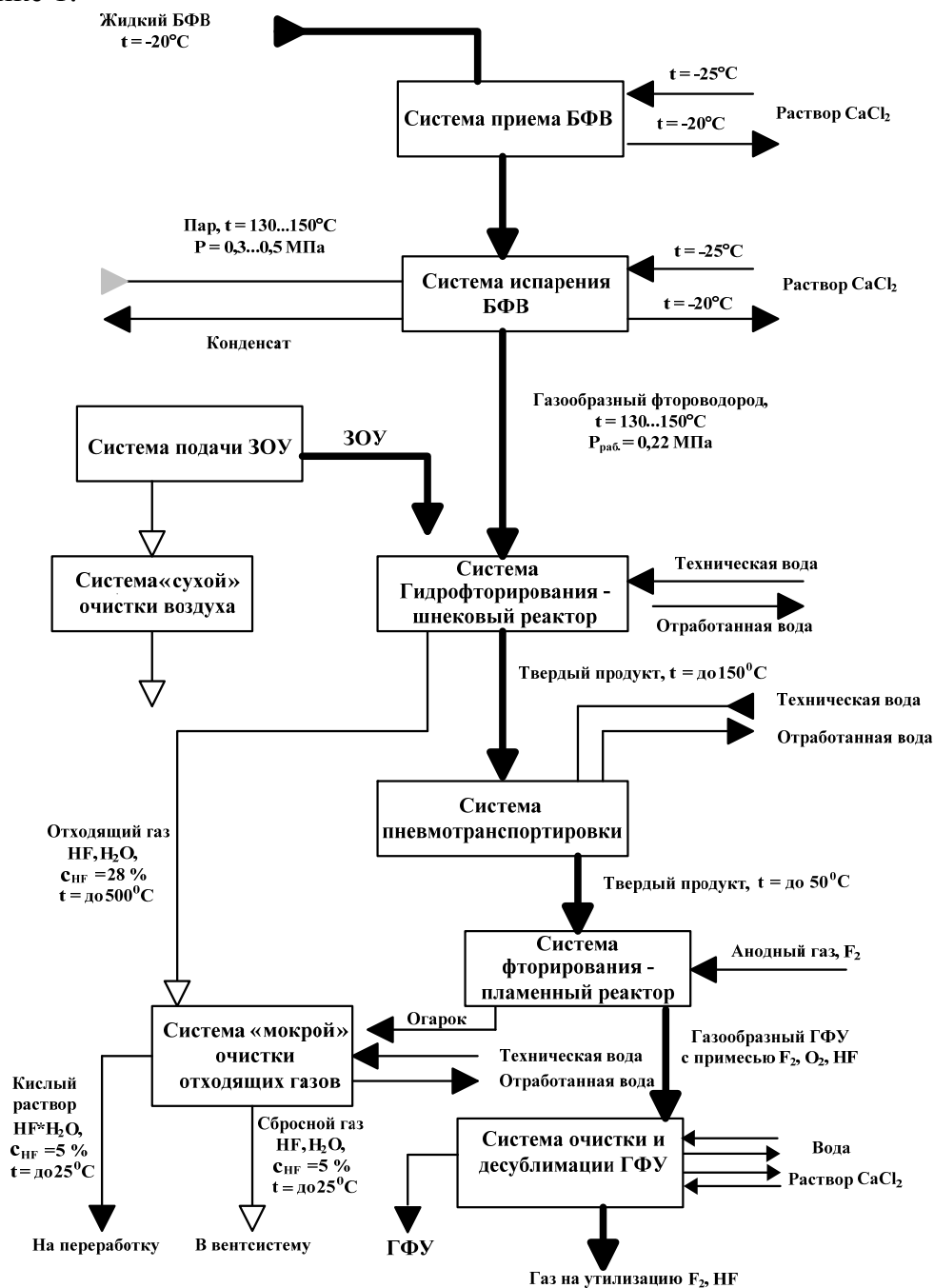


Рис. 1. Принципиальная схема усовершенствованного процесса получения ГФУ

Перед приемом безводного фтороводорода оборудование и коммуникации целесообразно продуть осушенным сжатым воздухом в течение часа.

Исходный жидкий фтороводород принимается в охлаждаемую рассолом хлорида кальция емкость, где поддерживается температура не выше минус 20 °С. Приемная емкость служит буферным объемом фтороводорода – напорной емкостью, откуда насосами-дозаторами жидкий фтороводород подается в испаритель. Нагрев испарителя осуществляется паром с температурой до 140 °С. В испарителе жидкий фтороводород переходит в газообразное состояние.

Полученный газообразный фтороводород подается в систему гидрофторирования – в шнековый реактор. Порошкообразный материал – оксид урана U_3O_8 ссыпается в бункер шнекового реактора. Запыленный воздух направляется на очистку в металлотканевый фильтр.

В реакторе гидрофторирования происходит взаимодействие фтороводорода и закиси-оксида урана с выделением тепла.

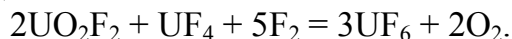
Образующиеся в результате реакции газы (фтороводород и пары воды) направляются на «мокрую» очистку. Улавливание фтороводорода осуществляется в скруббере технической водой. Очищенный газ газодувками направляется в вентиляционную систему.

Процесс гидрофторирования описывается следующей реакцией:



Полученный твердый продукт отправляется в пламенный реактор на фторирование.

Получение ГФУ в пламенном реакторе по инновационному методу происходит по реакции:



В этом случае расход фтора составляет 1,67 моля на 1 атом урана, что выше расхода фтора при фторировании тетрафторида урана в 1,67 раза и ниже, чем для фторирования оксидов урана в 1,8 раза.

Для получения тетрафторида урана, гексафторида урана рекомендуется применять следующую аппаратуру: шнековые реакторы, пламенные реакторы, реакторы «КС», реакторы падающего типа, плазмохимические реакторы.

Для гидрофторирования был выбран шнековый реактор за ряд достоинств:

- ✓ высокая производительность;
- ✓ высокий коэффициент заполнения объема реактора, который составляет 40-85 %.

- ✓ возможность установления температурных зон;

- ✓ высокая степень герметизации.

Недостатками шнековых реакторов являются:

- ✓ возможность налипания материала на вал и лопасти;

- ✓ истирание шнека за счет абразивного действия твердого материала;
- ✓ плохой фазовый контакт;
- ✓ возможность локальных перегревов.

Разработаны конструкции основного оборудования, осуществлен их расчет. Испаритель фтороводорода имеет пять обогреваемых вертикальных труб $\varnothing 159 \times 6$ мм, соединенных снизу патрубком подачи исходного БФВ, а сверху – коллектором для отвода газообразного БФВ. Трубы обогреваются паровыми рубашками, изготовленными из труб $\varnothing 219 \times 7$ мм, заглушенными по торцам. Поверхность теплообмена испарителя – $4,74 \text{ м}^2$; рабочее давление в корпусе – 0,22 МПа, в рубашке – 0,3 МПа; расчетная температура стенки – 130°C .

Шнековый реактор гидрофторирования представляет собой неподвижную трубу, внутри которой вращается лопастной шнек, являющийся рабочим органом. Вал шнека размещен в подшипниках, устанавливаемых на торцевых крышках, и снабжен сальниковыми уплотнениями. Реактор оснащен штуцерами для загрузки и выгрузки материала, для подачи и отвода газов, для отвода и подвода охлаждающей воды. Используется внешний электрический нагрев.

Производительность шнекового реактора – 1000 кг/ч; скорость перемещения материала – 0,1 м/мин; температура в реакторе 400°C .

Безопасность труда и требования промсанитарии на установке обеспечиваются следующими организационно-техническими мероприятиями:

- герметичностью технологического оборудования и коммуникаций;
- использованием химически- и коррозионностойких материалов;
- дистанционным контролем и управлением технологическим процессом, применением световой и звуковой сигнализации об отклонениях и нарушениях параметров технологического процесса;
- использованием существующей вытяжной местной вентиляцией при работе с пылящими материалами с системой газоочистки;
- заземлением электрооборудования согласно ПУЭ;
- использованием спецодежды, спецобуви.

Разработанный эскизный проект установки гидрофторирования оксидов урана рекомендуется в качестве основы для проектирования опытной усовершенствованной установки получения гексафторида урана из оксидов урана U_3O_8 .

ГУМИНОВЫЕ КИСЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОЧВ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ И ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

**Юртаева А.Н., Макаров Ф.В., Пищулин В.П., Сваровский А.Я.,
Шаклина А.В.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск-36, Томской области, пр.Коммунистический,65
E-mail: pischulin@ssti.ru

Определяющим фактором плодородия почвы является высокое содержание в ней гумуса, а входящие в состав его физически активные вещества стимулируют развитие растений и качество травяного покрова.

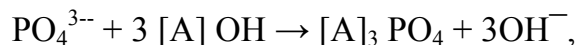
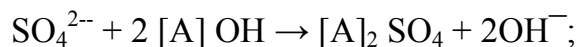
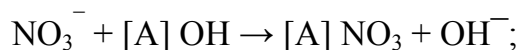
Аналогичное влияние оказывают и выделяемые из природного органического сырья торфа гуминовые кислоты (ГК) – основные составляющие гумуса. ГК распространены в торфе и играют исключительно важную роль в обеспечении жизнедеятельности экосистем. Широкое применение они находят в сельском хозяйстве в качестве удобрений и особенно важное значение ГК проявляется в ослаблении воздействия неблагоприятных внешних факторов на растения, отрицательного воздействия высоких доз минеральных удобрений, вредного влияния почвоутомляющих веществ и радиационного воздействия.

Основным препятствием для использования ГК в реабилитации почв от радионуклидов является отсутствие технологий и оборудования для установок, позволяющих практически полностью переводить органическую массу торфа в ГК. Не решена так же проблема получения ГК с заданной физиологической активностью для загрязненных почв радионуклидами, которая требует дальнейшего изучения с привлечением новых, современных методов. Известно, что гуминовые кислоты образуют с радионуклидами нерастворимые хелатные комплексы, препятствуя их миграции по трофическим связям.

Другим направлением использования нерастворимых гуминовых кислот в торфе может быть очистка радиоактивно-загрязненных вод.

Так на III Международной конференции по мирному использованию атомной энергии приведены данные по удержанию продуктов деления на гуминовых кислотах [1]. Показано, что UO_2^{2+} и продукты деления хорошо сорбируются на содержащихся в торфе нерастворимых гуминовых кислотах. Продукты деления по их сорбции этими кислотами могут быть разделены на две группы: а) катионного типа – хорошо сорбируются на гуминовых кислотах; б) анионного типа и благородные газы – не сорбируются даже в микроколичествах. При сорбции катионитов емкость 1 т торфа равна ~1000 г-экв и через нее можно пропускать от 1000 до 10 000 м³ слабозасоленных вод.

Анионный обмен проводится с анионитом, находящимся в OH^- -форме. В процессе анионного обмена происходит замена анионов, находящихся в воде, на ион OH^- :



где $[\text{A}]$ – органическое ядро анионита, практически не растворимое в воде и играющее роль неподвижного катиона.

В радиоактивно-загрязненных водах, подлежащих очистке, обычно содержатся комплексообразователи, а поэтому часть катионов радиоактивных изотопов находится в форме ацидокомплексов, которые сорбируются при анионировании.

На анионитах частично сорбируются ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{137}Cs , ^{144}Pr и другие изотопы. Эта сорбция наблюдается в тех случаях, когда растворимость образующейся соли менее 1,5 г/л. Такая особенность анионитов делает необходимым включение анионного обмена в технологическую схему в конце процесса для достижения более глубокой очистки радиоактивно-загрязненных вод [2].

Повышение выхода ГК из торфа может достигаться за счет организации эффективных процессов экстракции, диспергирования и механо–химической активации подготовленного на переработку торфа, что и является одним из основных требований проекта к создаваемой в СТИ НИЯУ МИФИ установке.

На рисунке 1 представлена разработанная аппаратурно-технологическая схем получения гуминовых кислот из торфа на модульной установке.

В состав установки входят следующие модули:

- модуль подготовки торфа, включающий транспортные средства для торфа, устройство взвешивания, вибрационный грохот для отделения частиц оёса, древесины и корневищ, дезинтегратор для измельчения торфа до размера гранул 3...5 мм, сборник измельченного торфа;

- модуль переработки торфа, включающий напорные емкости для растворов гидроксида аммония и перекиси водорода, реактор для переработки торфа – экстрактор;

- модуль получения продукции, включающий напорные емкости для промежуточных продуктов, центрифугу и емкости – сборники готовой продукции.

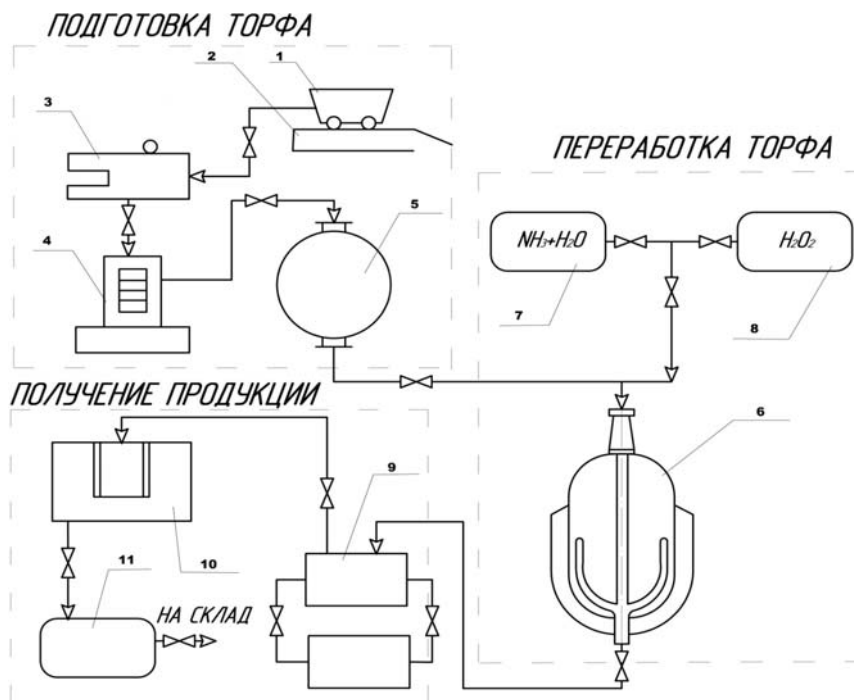


Рис.1. Аппаратурно-технологическая схема получения гуминовых кислот из торфа:

- 1 – ёмкость передвижная; 2 – весы площадные; 3 – вибрационный двухситовый грохот; 4 – дезинтегратор; 5 – барабанный питатель;
6 – агитатор; 7,8,9– емкости-накопители; 10 – центрифуга;
11– ёмкость-накопитель готовой продукции

В настоящее время проведено конструирование и расчет основных аппаратов модульной установки, получены основные характеристики нестандартного оборудования, подготовлена конструкторская документация для грохота, дезинтегратора [3], реактора для переработки торфа – экстрактора, центрифуги [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад № 384 (Венгрия)/ Салан А. и др./, III Международная конференция по мирному использованию атомной энергии. – Женева, 1964.
2. Реферат № 29840/ Вудхест, Дадж// Реф. журнал химия. – М., 1957, №9.
3. Шаклина А.В., Пищулин В.П., Сваровский А.Я. Создание нестандартного оборудования для подготовки торфа и комплексной переработки его в модульном исполнении// Технология автоматизация атомной энергетики и промышленности: Материалы Отраслевой научно-технической конференции, 17-21 мая 2010 г., г. Северск: Изд. СТИ НИЯУ «МИФИ», 2010 г. – С.145.
4. Скормкина А.М., Макаров Ф.В., Пищулин В.П., Сваровский А.Н. Использование гуминовых кислот в реабилитации почв от радионуклидов на территориях атомных производств и АЭС// Технология автоматизация атомной энергетики и промышленности: Материалы Отраслевой научно-технической конференции, 17-21 мая 2010 г., г. Северск: Изд. СТИ НИЯУ «МИФИ», 2010 г. – С.139.

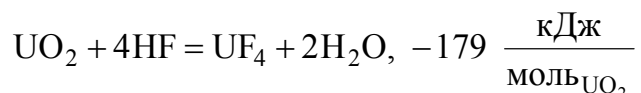
**ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА ГИДРОФТОРИРОВАНИЯ
ОБЛУЧЕННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА****Тоненчук А.А., Пищулин В.П.**Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E-mail: pischulin@ssti.ru

В работе рассмотрены вопросы процесса гидрофторирования предварительно диспергированного керамического облучённого ядерного топлива энергетических реакторов. Рассмотрены термодинамические особенности поведения компонентов фторируемой системы.

Процесс гидрофторирования является одной из ступеней процесса сухой переработки облучённого ядерного топлива (ОЯТ), который используется с целью экономии более дорогого фторирующего агента – фтора. Ещё одной положительной стороной использования гидрофторирования является то, что уже на первых стадиях переработки ОЯТ этот процесс позволяет вывести из системы часть продуктов деления без потерь урана и плутония.

Для наиболее эффективного осуществления процесса необходимо установить термодинамические особенности гидрофторирования, и на основании установленных зависимостей спроектировать соответствующее технологическое оборудование.

Как известно по реакции с сухим фтороводородом обычно образуются низшие фториды, и при обработке оксидов урана получить UF_6 невозможно [1]. Реакция гидрофторирования диоксида урана приведена ниже.



Невозможность получения по данной реакции гексафторида урана подтверждают результаты термодинамических расчётов равновесного химического состава двухреагентной изобарной системы $UO_2 + HF$ в интервале температур 400 – 1000 К при давлении 0.1 МПа. Авторами проведены расчёты в программном комплексе «Terra» при стехиометрическом соотношении реагентов. Результаты расчётов приведены на рисунке 1.

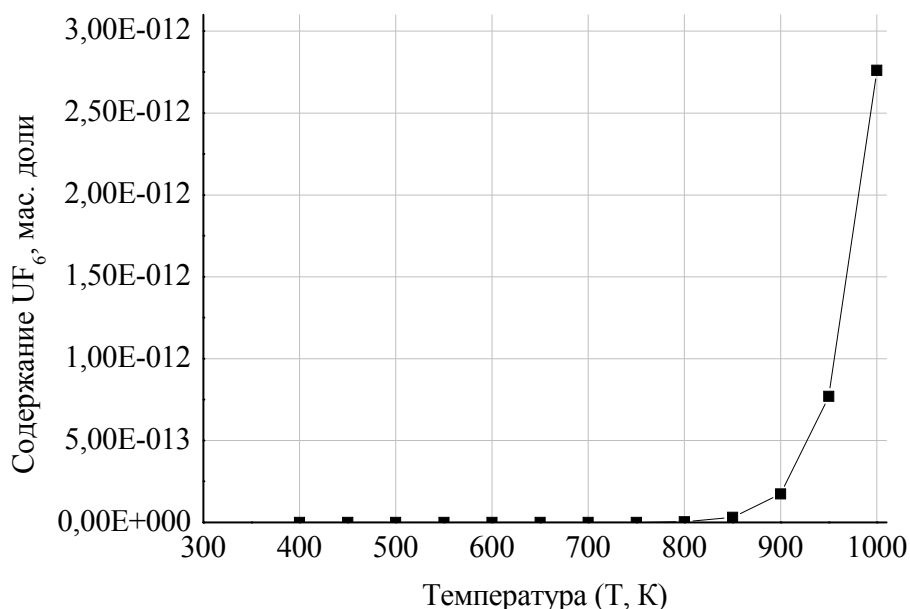


Рис.1. Расчётное равновесное содержание UF_6 в реагирующей системе UO_2+HF (массовое соотношение реагентов $UO_2:HF=3,375:1$ при давлении 0.1 МПа)

Таким образом, исходя из данных представленных на графике можно заключить, что в широком диапазоне температур на данной стадии процесса исключается унос урана (в виде UF_6) из системы.

С другой стороны, в процессе гидрофторирования могут образовываться легколетучие низшие фториды некоторых продуктов деления, которые (при соответствующей температуре) отводятся с газообразными продуктами основной реакции и с высвобождающимися при этом инертными газами (Xe, Kr). Ответ на вопрос о том, какие из продуктов деления в процессе гидрофторирования перейдут в ту или иную степень окисления, частично дают экспериментальные данные, полученные Мьюттертизом и Кестлом. Некоторые результаты этих работ приведены в [2], и они показывают, что продуктами взаимодействия многих простых веществ с фтороводородом в автоклаве являются фториды I, II, III, IV и редко V групп (например NbF_5).

При сравнительно высоких температурах отходящих газов на стадии гидрофторирования существует вероятность уноса (при условии образования) некоторых легколетучих фторидов, представленных в таблице 1. Стоит ещё раз отметить, что другие легколетучие фториды продуктов деления существуют только в высших степенях окисления, которых невозможно достичь гидрофторированием.

Инертные газы Xe и Kr в условиях процесса с фтороводородом не реагируют.

Таблица 1. Физические свойства летучих продуктов деления

Фториды продуктов деления	$T_{пл}, K$	$T_{кип}, K$
NbF_5	351,00	506,00
MoF_5	340,00	486,00
TcF_5	322,00	480,00
RuF_5	358,00	500,00
TeF_4	403,00	468,00
IF_5	282,58	373,70

Из-за сложности многокомпонентной системы, с которой приходится работать при переработке ОЯТ, и отсутствия многих достоверных термодинамических данных авторам приходится идти на некоторые допущения. Так условно принимаем, что приведённые в таблице 1 фториды образуются на стадии гидрофторирования и «проходят» наравне с Хе и Кг в систему очистки отходящих газов, и одновременно допускается обратное, т.е. перечисленные выше фториды остаются в низших нелетучих степенях окисления (таким образом, принимается увеличение количества элементов: Nb, Mo, Tc, Ru, Te, I, в 2 раза) и поступают в смеси с UF_4 на следующую стадию технологического процесса. Данное допущение делается с целью тщательного, учёта влияния всех продуктов деления на последующие схемы переработки газообразных отходов.

Что касается остальных продуктов деления, то высшие степени окисления их во фтористых соединениях не превышают IV, а температуры плавления и кипения очень велики, следовательно, они так же переходят в смеси с UF_4 на следующую стадию технологического процесса.

Для осуществления процесса гидрофторирования предлагается использовать противоточный шнековый реактор с тремя температурными зонами. Оборудование такого типа позволяет избегать эффектов спекания и достигать значительной площади контакта реагирующих фаз.

Для определения оптимального температурного режима процесса гидрофторирования, с помощью программного комплекса «Терга» были определены зависимости равновесного состава реакционной системы $UO_2 + HF$ при 0.1 МПа от температуры (рисунок 2).

Как видно из расчётных зависимостей при температурах свыше 600 К равновесие основной реакции процесса начинает сдвигаться в сторону образования UO_2 . Поэтому в реакторе предусматривается возможность создания температурного градиента в осевом направлении от 600 К до 800 К, что с одной стороны позволяет поддерживать приемлемую скорость процесса, с другой – избегать гидролиза UF_4 реакционным водяным паром.

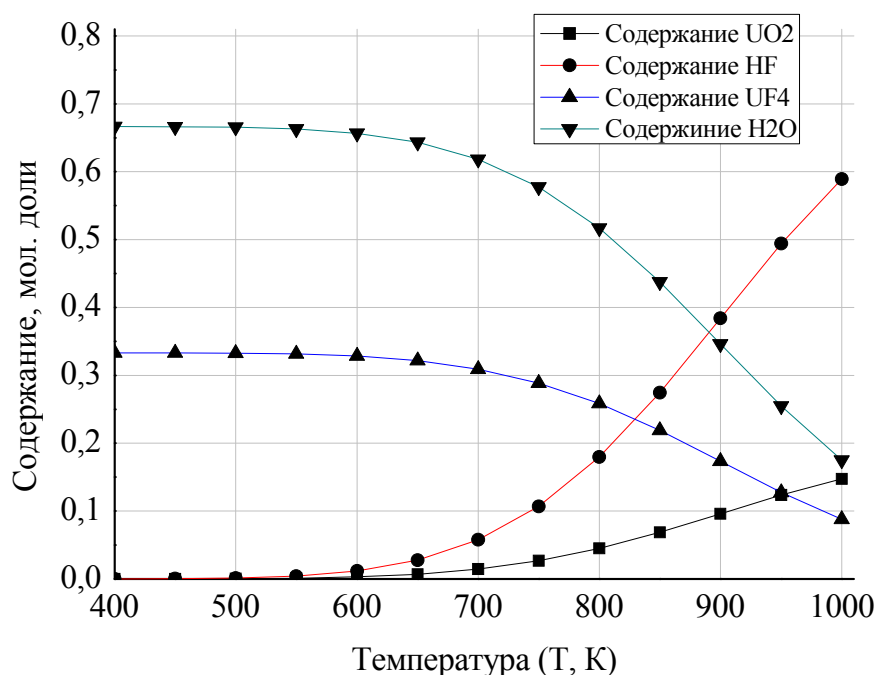


Рис. 2. Расчётные зависимости равновесного состава двухреагентной изобарной системы UO_2+HF от температуры при давлении 0.1 МПа

Для того, чтобы определить каким образом поведёт себя PuO_2 в проводимых условиях, необходимо сравнить константы равновесия реакций фторирования окислов урана и окислов плутония. Полученная расчётным путём в программном комплексе HSC Chemistry 5.1, зависимость константы равновесия реакции $\text{PuO}_2 + 4\text{HF} = \text{PuF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ и реакции $\text{UO}_2 + 4\text{HF} = \text{UF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ от температуры представлена на рисунке 3

Из полученных результатов можно сделать вывод: вероятно, при рабочих температурах гидрофторирования 600 – 800 К и времени присутствия в реакторе фторируемой смеси необходимого для полного перевода UO_2 в UF_4 , плутоний будет переходить на следующую ступень процесса переработки ОЯТ в основном в форме PuO_2 .

На основании полученных результатов спроектирован шнековый реактор гидрофторирования, обеспечивающий требуемые условия ведения процесса.

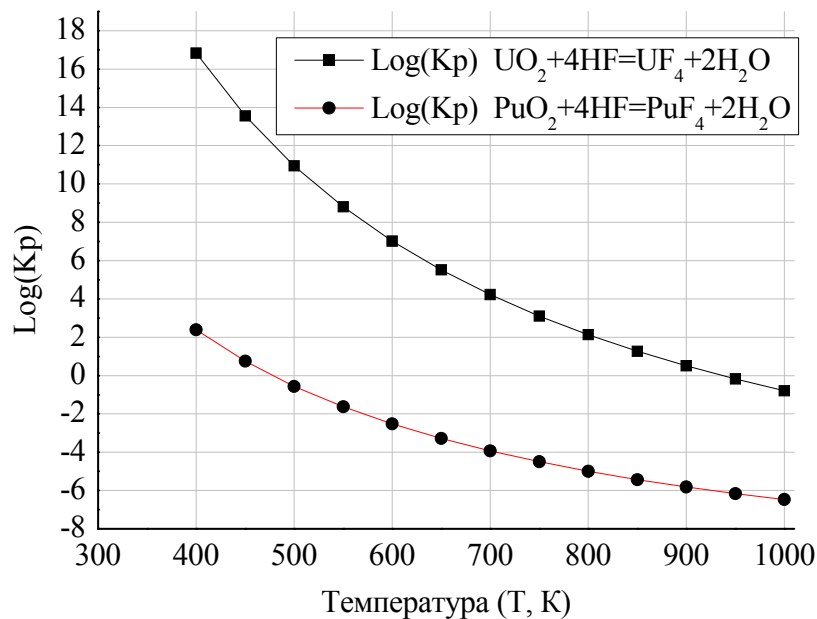


Рис.3. Расчётная зависимость констант равновесия систем $\text{PuO}_2 + 4\text{HF} = \text{PuF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{UO}_2 + 4\text{HF} = \text{UF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ от температуры

ЛИТЕРАТУРА

1. Химическая технология облучённого ядерного горючего. Под ред. Шевченко В.Б. - М.: Атомиздат, 1971. - 448 с.
2. Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов: Учебное пособие – М.: МХТИ и м. Д.И. Менделеева, 1990. – 162 с.

ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ ФТОРИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ОЯТ ТРИФТОРИДОМ БРОМА

Тоненчук А.А., Пищулин В.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E-mail: pischulin@ssti.ru

В работе приводятся результаты термодинамического моделирования процессов, протекающих при фторировании твёрдой смеси оксидов и фторидов плутония и урана. Определены оптимальные режимы ведения процесса.

В технологии переработки облучённого ядерного топлива (ОЯТ) необходимо разделять перерабатываемую систему по потокам: уран; плутоний; продукты деления. В безводной технологии переработки ОЯТ по схеме трёхступенчатого фторирования такого разделения потоков можно добиться путём обработки смеси оксидов и фторидов плутония и урана трифторидом брома.

Процесс разделения основан на неспособности плутония образовывать гексафторид в отличие от урана. Таким образом, при фторировании урановый поток существует в виде газовой смеси гексафторида урана и некоторых фторидов продуктов деления, плутониевый в виде смеси твердого тетрафторида плутония и нелетучих фторидов продуктов деления.

Были проведены исследования, отражающие принципиальную возможность осуществления такого процесса разделения.

На данном этапе технологического процесса осуществляется перевод урана из твёрдого состояния UF_4 в газообразное UF_6 вероятно по реакции $3 UF_4 + 2 BrF_3 = 3 UF_6 + Br_2$.

Термодинамические расчёты равновесного химического состава двухреагентной изобарной системы $UF_4 + BrF_3$ в интервале температур 400 – 1000 К при давлении 0.1 МПа произведённые в программном комплексе «Терра» показывают, что при температуре свыше 600 К в реагирующей системе начинает появляться значительное количество газообразного UF_5 , таким образом можно предположить, что 600 К является лимитирующим значением температурного режима процесса. Результаты расчётов представлены на рисунке 1.

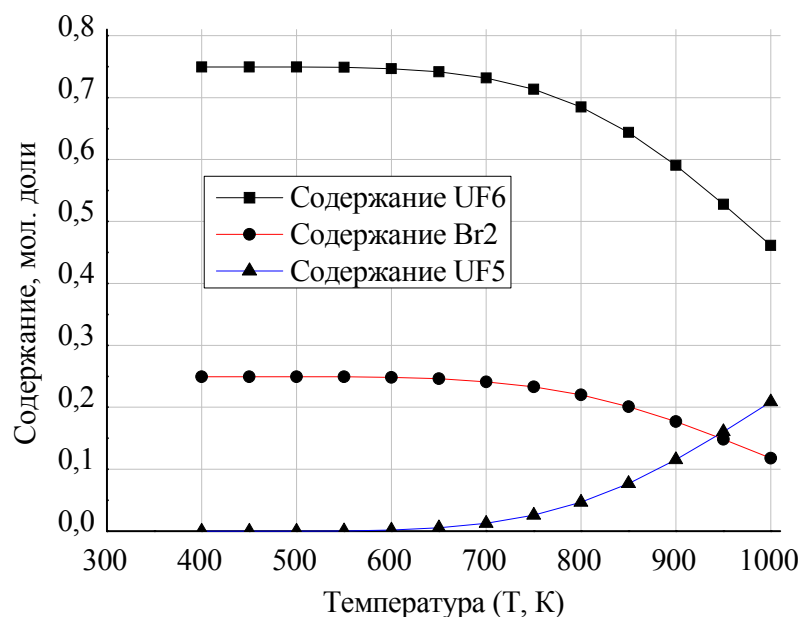
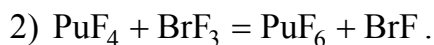
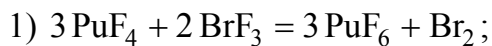


Рис.1. Расчётные зависимости равновесного состава двухреагентной изобарной системы $\text{UF}_4 + \text{BrF}_3$ от температуры при давлении 0,1 МПа

Путём термодинамического моделирования и сравнения констант равновесия процессов гидрофторирования установлено, что большая часть плутония попадает на стадию фторирования в виде PuO_2 , частично в виде PuF_4 . Таким образом можно ошибочно предположить, что на данной стадии фторирования возможен выход PuF_6 при взаимодействии BrF_3 с PuF_4 или PuO_2 . Для того чтобы опровергнуть эту гипотезу авторами были произведены соответствующие термодинамические расчёты.

Утверждение о том, что получить PuF_6 по реакции PuF_4 с BrF_3 невозможно [1, 2], было подтверждено термодинамическими расчётами равновесного состава двухреагентной изобарной системы $\text{PuF}_4 + \text{BrF}_3$ в интервале температур 400 – 1000 К при давлении 0,1 МПа по двум вероятным реакциям:



Результаты расчёта констант равновесия приведены на рисунке 2.

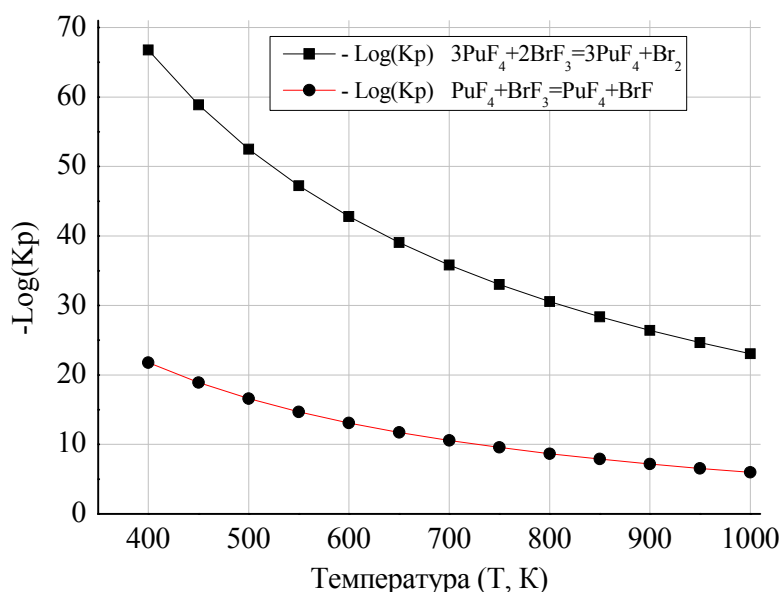


Рис.2. Расчётные константы равновесия реакций
 $3\text{PuF}_4 + 2\text{BrF}_3 = 3\text{PuF}_6 + \text{Br}_2$ и $\text{PuF}_4 + \text{BrF}_3 = \text{PuF}_6 + \text{BrF}$

Очевидно, что по приведенным выше реакциям PuF_6 не образуется.

По реакции PuO_2 с BrF_3 , гексафторид плутония так же не образуется, что подтверждается сравнением расчётных констант равновесия вероятных реакций:

- 1) $3\text{PuO}_2 + 4\text{BrF}_3 = 3\text{PuF}_4 + 2\text{Br}_2 + 3\text{O}_2$;
- 2) $2\text{PuO}_2 + 4\text{BrF}_3 = 2\text{PuF}_4 + 4\text{BrF} + 2\text{O}_2$;
- 3) $\text{PuO}_2 + 2\text{BrF}_3 = \text{PuF}_6 + \text{Br}_2 + \text{O}_2$.

Сравнительный анализ показывает, что наиболее вероятным является выход PuF_4 по первой реакции фторирования (смотреть рисунок 2).

С другой стороны отсутствие PuF_6 на ступени фторирования фторидом брома III можно объяснить тем, что PuF_6 обладает настолько высокой окислительной способностью [3], что будет полностью восстанавливаться до PuF_4 на присутствующем в процессе в большом количестве UF_4 .

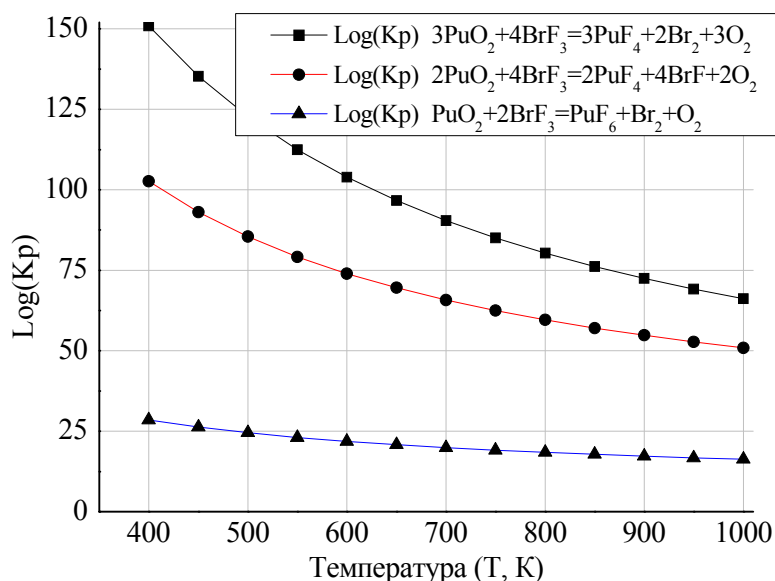
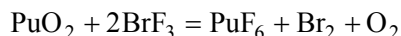
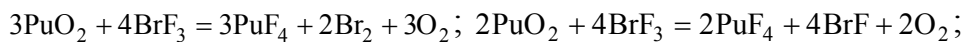


Рис. 3. Расчётные константы равновесия реакций:



Таким образом, смесь труднолетучих фторидов продуктов деления с PuF_4 в твёрдом, сыпучем состоянии переходит на следующую стадию фторирования, в то время как смесь $\text{UF}_6 + \text{Br}_2$ с летучими фторидами продуктов деления отводится на сублимационный аффинаж и регенерацию трифторида брома.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов: Учебное пособие – М.: МХТИ и м. Д.И. Менделеева, 1990. – 162 с.
2. Переработка ядерного горючего. Под ред. С. Столера и Р. Ричадса. – М.: Атомиздат, 1964.-647 с.
3. Химическая технология облучённого ядерного горючего. Под ред. Шевченко В.Б. - М.: Атомиздат, 1971. - 448 с.

УСТАНОВКА ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ ПО СХЕМЕ ТРЁХСТУПЕНЧАТОГО ФТОРИРОВАНИЯ

Тоненчук А.А., Пищулин В.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E-mail: pischulin@ssti.ru

В работе приводится описание разработанной безводной газофторидной технологии переработки облученного ядерного топлива энергетических реакторов по схеме последовательной трёхстадийной обработки фтороводородом, трифторидом брома и молекулярным фтором.

Водная технология, используемая для переработки ОЯТ, обладает серьёзными недостатками, которые не позволяют использовать её в требуемых масштабах. К таким недостаткам можно отнести в первую очередь значительный выход разбавленных водных ЖРО; радиолит экстрагентов; ядерную опасность технологии.

Перечисленные недостатки устраняются в безводных схемах переработки, к коим относится газофторидная технология (ГФТ).

Для реализации процесса переработки ОЯТ авторами предлагается трёхступенчатая схема последовательного фторирования, представленная на рисунке 1.

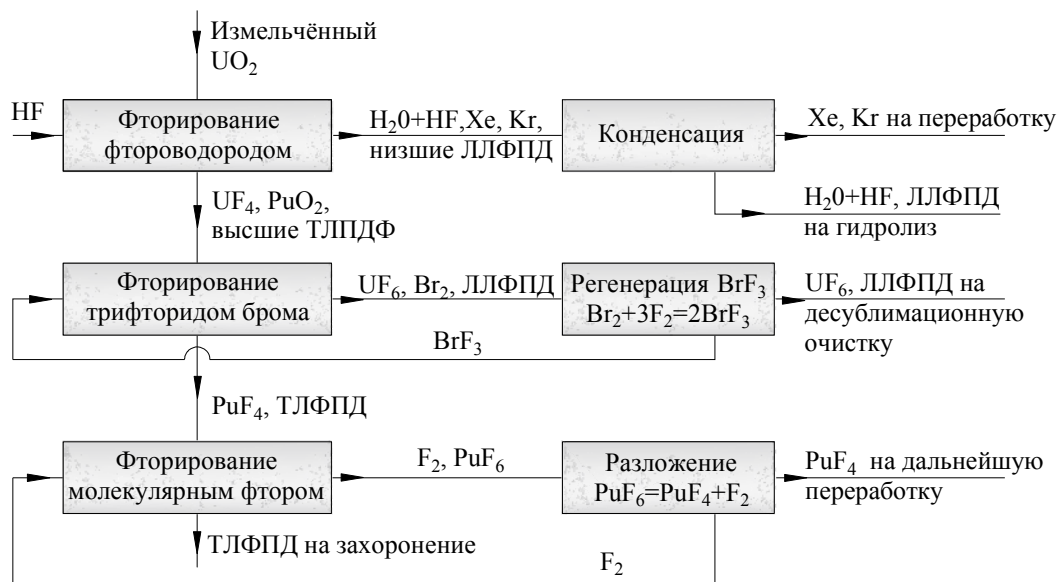


Рис. 1. Принципиальная схема трёхступенчатой газофторидной технологии переработки ОЯТ:

ЛЛФПД – легколетучие фториды продуктов деления; ТЛФПД – труднолетучие фториды продуктов деления

Технологическая схема работает следующим образом.

Измельчённое керамическое ОЯТ и безводный фтороводород подается в противоточный реактор гидрофторирования, в котором основная реакция - фторирование урана до тетрафторида осуществляется при градиенте температур от 600 К до 800 К.

Образовавшаяся смесь реакционных газов (пары плавиковой кислоты, ксенон, криптон и низшие легколетучие фториды продуктов деления) отправляется на переработку и утилизацию.

Процесс гидрофторирования осуществляется в шнековом реакторе с тремя температурными зонами. Конструкция аппарата выбрана на базе успешного опыта использования шнековых реакторов в химической ядерной технологии. [1,2] Схема реактора приведена на рисунке 2.

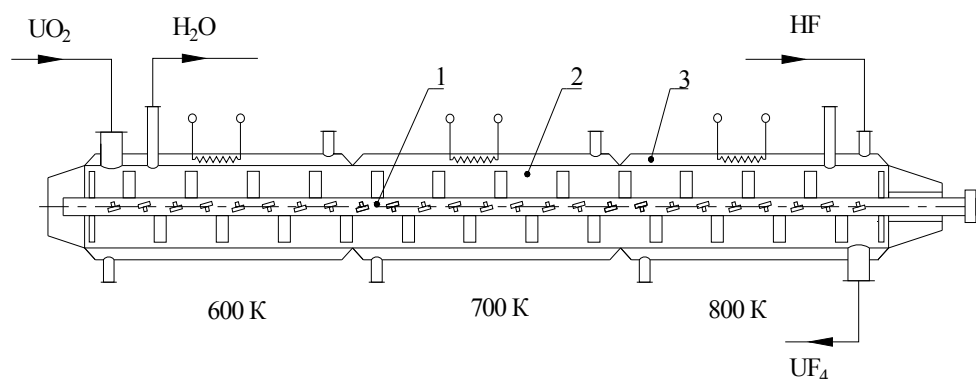


Рис. 2. Схема шнекового реактора гидрофторирования с тремя температурными зонами:

1 – шнек; 2 – корпус; 3 – греющие/охлаждающие рубашки.

Реакционные и высвободившиеся инертные газы отправляются на переработку.

Смесь тетрафторида урана, диоксида плутония и фторидов продуктов деления отправляются на фторирование трифторидом брома при температуре 600 К в шнековый реактор-испаритель с ленточным шнеком.

На данной ступени фторирования не требуется интенсивное перемешивание реагирующей среды т.к. основной частью продуктов реакции является газообразный UF_6 . Схема реактора представлена на рисунке 3.

В результате рабочей реакции образовавшийся гексафторид урана отправляется на десублимационную очистку, а твёрдая смесь тетрафторида плутония и фторидов продуктов деления отправляется на фторирование молекулярным фтором.

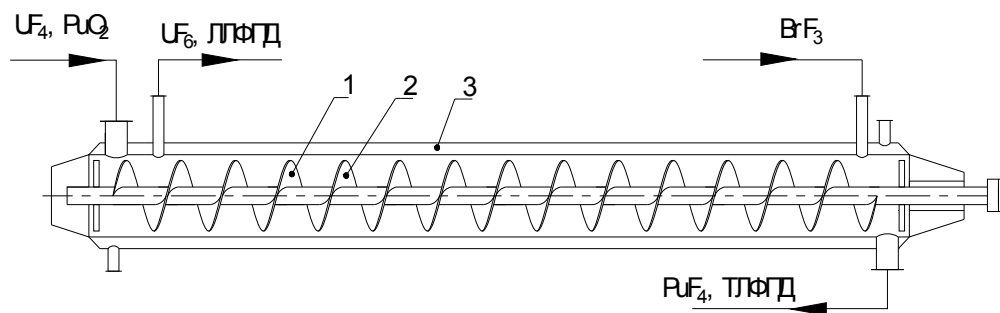


Рис. 3. Шнековый реактор-испаритель фторирования трифторидом брома:
1 – шнек; 2 – корпус; 3 – рубашка.

Фторирование тетрафторида плутония осуществляется в реакторе с лопастным шнеком при температуре 800 К. Схема реактора представлена на рисунке 4.

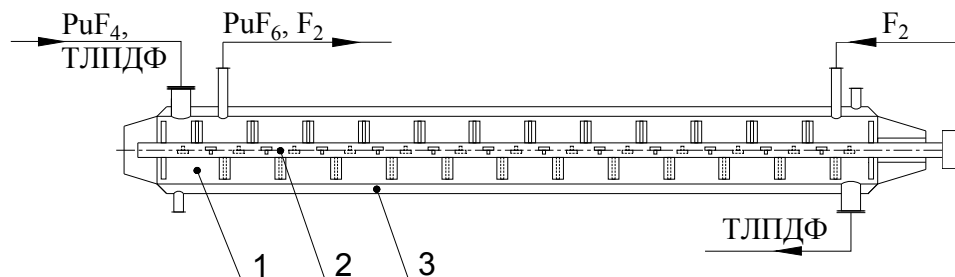


Рис. 4. Схема реактора фторирования тетрафторида плутония:
1 – корпус; 2 – шнек; 3 – рубашка.

При наибольших допустимых (с точки зрения эксплуатации оборудования) температурах процесса (во фтористых средах – порядка 800 К) максимальное равновесное содержание PuF_6 в системе $\text{PuF}_6 + \text{F}_2$ около 6 % мол., при снижении температуры газовой смеси до 350 К практически весь PuF_6 превращается в PuF_4 . Таким образом, после ступени фторирования молекулярным фтором, газовая смесь $\text{PuF}_6 + \text{F}_2$ поступает в узел термического разложения гексафторида плутония на охлаждаемой стенке цилиндрического аппарата с устройством для снятия слоя кристаллизующегося продукта (с ножом).

В реакторе разложения газовая смесь охлаждается до температуры ниже 350°C , где весь гексафторид урана превращается в тетрафторид осаждающийся на охлаждаемых стенках аппарата.

Схема реактора термического разложения представлена на рисунке 5.

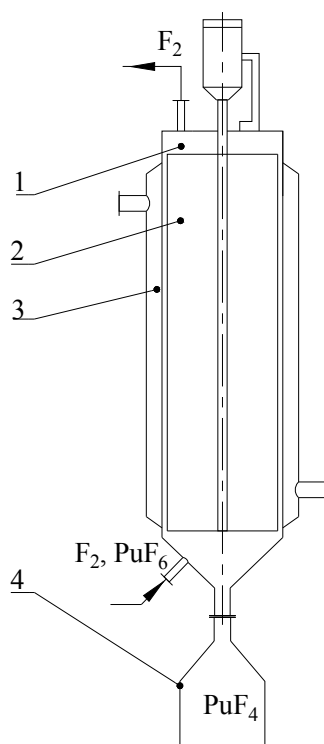


Рис. 5. Реактор термического разложения гексафторида плутония
1 – корпус; 2 – нож; 3 – рубашка; 4 – узел выгрузки

Очищенный от PuF_6 молекулярный фтор возвращается в узел молекулярного фторирования, а тетрафторид плутония отправляется на получение таблетированного ядерного горючего.

Все нелетучие фториды продуктов деления концентрируются на стадии молекулярного фторирования (в шнековом реакторе) в виде огарков и отправляются на переработку твёрдых отходов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Судариков Б.Н., Раков Э.Г. Процессы и аппараты урановых производств. М.: Машиностроение, 1961 – 366 с.
- 2 Шведов В.П. и др. Ядерная технология. – М.: Атомиздат, 1979. – 336 с.

**Раздел ПОДГОТОВКА КАДРОВ, СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ И
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

Брит Н.В.

Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ»
636070, Томская область, г.Северск, пр. Коммунистический 65

При рассмотрении инновационной деятельности важным является понимание современных тенденций инновационного развития. Значительный интерес в этой связи представляют взгляды И.В.Липсица и А.А.Нещади́на. Авторами использованы идеи Н. Кондратьева по волновому развитию прогресса (теория длинных волн). Каждая волна ориентирована на определенный технологический уклад и предусматривает, соответственно, специфические приоритеты в инновационной сфере. Соответственно этой концепции авторы выделяют пять основных волн развития за последние два столетия.

Первая волна (1785-1835) основана на инновациях в области текстильной промышленности и на использовании энергии воды.

Вторая волна (1830-1890) основана на инновациях в сфере железнодорожного транспорта и развития механических производств в разных отраслях с использованием паровых двигателей.

Третья волна (1880-1940) основана на: использовании разных видов энергии (прежде всего, электрической), быстром развитии машиностроения и электротехнической промышленности, использовании искусственных химических материалов. В результате появились новые виды транспорта и связи, активно стали использоваться цветные металлы, алюминий, пластические массы.

Четвертая волна (1930-1990) характеризуется дальнейшим развитием энергетики (в том числе и атомной), средств связи, новых синтетических материалов, компьютерной техники. Преобладающим становится массовое производство (автомобилей, компьютеров, самолетов, товаров народного потребления). Господствующее положение в экономике занимают транснациональные и межнациональные компании, которые приводят к олигополистическому рынку.

Пятая волна (1980-2035) характеризуется развитием микроэлектроники, информатики, генной инженерии, био- и нанотехнологией, использованием новых видов энергии. Продолжится создание новых материалов, интенсифицируется освоение космического пространства.

По всей видимости, волны научно-технического прогресса перекрываются. Каждая волна в своем развитии проходила разные стадии: зарождения, развития, стабилизации и спада. Тем не менее, каждая волна внесла вклад в национальное достояние (знания, промышленные объекты и т.п.). Также необходимо отметить, что скорость научно-технического прогресса (скорость разработки и внедрения инноваций) возрастает от волны к волне.

В России, по мнению И.В. Липсица и А.А. Нещадина, сложилась специфическая ситуация, связанная с такими обстоятельствами:

- существующими возможностями для экстенсивного роста (огромная территория, богатые естественные ресурсы);
- многочисленные войны;
- низкий уровень интеграции с развитыми странами.

В результате в конце 80-х лет в России прослеживалось наличие третьего, четвертого и пятого технологических укладов, при явном преимуществе третьего и четвертого.

Нам бы хотелось прибавить к перечисленным обстоятельствам еще и наличие организационных проблем, связанных с внедрением разработок, прежде всего, на этапе создания исследовательского производства. В результате до конца 1990-х лет в Российской Федерации существовало много передовых разработок на уровне лабораторных образцов, которые становились легкой добычей зарубежных корпораций часто вследствие недобросовестных конкурентных действий (промышленный шпионаж, вывоз специалистов – носителей критических знаний). Приятным исключением с точки зрения внедрения инноваций (до конца 1980 г.) было развитие в оборонной промышленности, где существовала система освоения нововведений. Именно отсутствие механизмов координации деятельности специалистов на этапе конструкторской, технологической и прочей подготовки производства, а также законодательство и ментальные модели руководства, которые ориентируют на инновации без риска, до сих пор является серьезной проблемой для развертывания инновационной деятельности в России и других странах СНГ.

Обращает на себя внимание неоднородность инновационного развития разных стран. В этой связи по уровню развития есть следующие группы стран:

- технологическое ядро – США, Япония, Германия, Англия, Франция, где безусловно властвует пятая волна инновационного развития. Страны технологического ядра, по мнению С.Ю. Глазьева, Д.С. Львова и Г.Г. Фетисова, характеризуются бурным развитием электронной промышленности, вычислительной техники, программного обеспечения, авиационной промышленности, телекоммуникаций, оптических волокон, роботостроения, биотехнологий, космической техники, тонкой химии. Их преимуществами являются: индивидуализация производства, гибкость и

автоматизация производства, деурбанизация, использование новейших технологий;

- страны первого технологического круга – Италия, Канада, Швеция, Голландия, Австралия, Южная Корея и др.;
- страны второго технологического круга – успешно развивающиеся страны, например - Малайзия, Тайвань;
- постсоциалистические страны Восточной Европы;
- страны СНГ и ближнего зарубежья;
- наименее развитые страны, которые – ориентированы на развитие традиционных отраслей хозяйства: добывающей и пищевой промышленности.

Выделение стран первого и второго технологического круга основано на том, что они ориентированы на освоение новых технологий, но получают их от технологического ядра не одновременно. Страны первого круга получают их от стран технологического ядра быстрее, кроме того, они и сами активно занимаются продуцированием инноваций, но в меньших масштабах.

Неприятным является сырьевая ориентация во взаимоотношениях России со странами 1-ой – 5-ой категории. Россия отдает энергоносители, а за это получает готовую продукцию, оборудование, комплектующие и технологии. Причём продукцию Россия получает не из технологического ядра, а из стран первого и второго технологического круга, то есть продукцию не самую передовую.

Очевидной является глобализация инновационной деятельности, которая сказывается в тесном международном сотрудничестве, предусматривающем общую разработку интеллектуальных продуктов учеными разных стран с дальнейшим общим использованием результатов исследований, а также в быстром развитии рынка инноваций в виде торговли патентами, лицензиями и ноу-хау. Конечно, в процессе глобализации есть как центростремительные, так и центробежные силы, которые сказываются в системе барьеров, препятствующих свободному обмену знаниями.

В настоящее время в Российской Федерации делается много для создания инфраструктуры развития инноваций. Система технико-внедренческих зон, бизнес-инкубаторов, центров коммерциализации разработок призвана организационно обеспечить всю цепочку материализации продукта от зарождения идеи до промышленного производства новых образцов техники, материалов и иных продуктов интеллектуальной и производственной деятельности.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ДЛЯ ИХ ПРИКЛАДНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Брит Н.В.

Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ»
636070, Томская область, г.Северск, пр. Коммунистический 65

Повышение динамизма хозяйственной жизни, глобализация процессов в экономике предъявляют новые требования к подготовке руководителей на основе интеграции подходов различных школ менеджмента, усиления системной и ситуационной составляющих в управленческой деятельности.

В основе традиционной систематизации научных знаний лежат два подхода: исторический и иерархический.

В соответствии с историческим подходом выделяют четыре школы менеджмента. Эти школы возникали последовательно во времени, каждая из школ имела свой объект исследования и была направлена на решение определенного круга управленческих задач.

1. Научное управление Ф.Тейлора концентрирует внимание исследователей на проблеме научной организации труда (НОТ) как комплексе мероприятий и совокупности принципов, направленных на повышение производительности труда, увеличение генерации продукции на каждом рабочем месте. Научная организация труда включает в себя следующие мероприятия:

- техническое оснащение рабочих мест, так как освоение новой техники позволяет повысить производительность в десятки раз;

- систематический подбор, расстановка и обучение персонала. Действия в этом направлении обеспечивают устойчивое функционирование системы «человек-машина», обеспечивая соответствие квалификации работника требованиям, предъявляемым используемой техникой и технологией. Кроме того, квалифицированные работники просто работают быстрее и качественнее при прочих равных условиях;

- рационализация труда предполагает изучение трудовых операций, поиск и тиражирование передовых приемов труда, обеспечивающих качество продукции и более высокую продуктивность работника;

- обеспечение техники безопасности и гигиены на рабочем месте. Защита жизни и здоровья работников – это важная задача в нашу индустриальную эпоху;

- нормирование труда, позволяющее корректно планировать деятельность организации и обеспечивающее четкое соответствие меры труда и меры вознаграждения;

- обеспечение справедливого вознаграждения за труд и гибкая система стимулирования трудовой активности работников;

- поддержание дисциплины, т.е. формирование и соблюдение договоренности сторон о принятых формах поведения.

Эта школа внесла большой вклад в развитие науки, так как была первым системным представлением взглядов на управление. До сих пор считается, что НОТ – это необходимый элемент обучения нижнего управленческого звена (бригадиров, начальников смен и участков), обеспечивающего выполнение поставленных задач в непосредственном контакте с исполнителями.

2. Классическая школа управления концентрирует внимание на общеорганизационных проблемах и содержании управленческого труда - принципах эффективного управления, построении иерархических организационных структур, функциональном подходе к управлению, рассматривающем управление как совокупность последовательных задач по прогнозированию и планированию, организации, руководству, контролю и координации.

3. Школа человеческих отношений концентрирует внимание на проблемах мотивации персонала и создании эффективных рабочих команд. Рассмотрение человека как ключевого фактора успеха любой организации, как ресурса, который можно не только использовать, но и развивать – это несомненная заслуга школы. Развитие школы связаны с активным использованием междисциплинарных подходов к управлению, задействованием потенциала психологии и социологии для решения управленческих задач.

4. Количественная школа управления направлена на моделирование управленческих процессов и повышение на этой основе оперативности и качества принятия решений. На ее развитие повлияло использование в управлении потенциала бурно развивающихся технических и математических наук, начало эры компьютеров и активного применения искусственного интеллекта для решения практических задач.

Такое системное построение знания является очень удобным для рассмотрения эволюции управленческой мысли и изучения концепций менеджмента. Однако оно является не вполне приемлемым для обучения менеджеров и для практического использования действующими менеджерами, поскольку представляет научные взгляды на управление как разрозненную совокупность управленческих блоков, по существу органично не интегрированных в единую систему, удобную для реальной деятельности менеджеров.

Для обучения менеджеров удобно использовать иерархическую классификацию управленческих знаний. Можно выделить три уровня менеджеров: высший уровень (топ-менеджеры), средний (корпоративный) уровень и нижний (операционный) уровень. Характер решаемых задач, объем и содержание необходимых управленческих знаний для этих уровней управления различаются очень сильно. Можно даже сказать, что

управленческих знаний для всех не бывает. Поэтому стал вопрос разбиения управленческих знаний по уровням компетентности, обеспечивая преемственность полученных знаний при переходе к более высокому уровню управленческой иерархии. Такой подход стал основой модульной системы построения управленческих знаний.

Так, нижний уровень управления (бригадиры, мастера, начальники смен, участков, цехов) должен быть компетентен в области выполнения базовых управленческих функций, к которым относятся оперативное планирование, контроль, мотивация сотрудников, научная организация труда.

Средний уровень должен обладать специальными знаниями по профилю деятельности (маркетинг, финансы, управление персоналом, инновации), а также общими знаниями, формирующими широкое видение управленческих задач во взаимосвязи (корпоративный менеджмент). Удобно выделить три уровня общих корпоративных знаний:

1. «Понимание организации» - уровень, ориентированный на предоставление знаний и навыков, способствующих устойчивому функционированию действующей организации. В этот модуль входит система сбалансированных показателей как универсальный инструмент по разработке функциональных стратегий, контролю, информационной поддержке и координации работ управленческого персонала;

2. «Совершенствование организации» - уровень предполагающий наличие специальных знаний по управлению развитием и изменением, проведению частичных улучшений за счет освоения передовой хозяйственной практики партнеров и конкурентов.

3. «Управление проектами» - уровень предполагающий навыки создания новых производств, на основе технического переоснащения организации.

Высший уровень управления должен обладать компетентностью в области стратегического менеджмента, понимания внешнего окружения (социальных, экономических закономерностей, экологической и политической ситуаций, отраслевых влияний) и внутреннего потенциала организации.

Для практического применения менеджеров можно предложить следующую систему интегрирования управленческих знаний:

1. Самоменеджмент ориентирован на понимание содержания управленческого труда, повышение стрессоустойчивости и саморегуляцию, организацию рабочего места менеджера, режимы труда и отдыха, повышение управленческой эффективности в сфере коммуникаций и принятия управленческих решений.

2. Управление по целям ориентировано на постановку и решение управленческих задач при наличии внешних возмущающих воздействий. Ключевыми идеями для данного блока компетентностей являются

построение и функционирование контура управления (планирование-контроль), возмущающее воздействие внешней среды бизнеса.

3. Менеджмент «раздора» основан на активном использовании диалектических подходов: мир – это единство и борьба противоположностей, именно противоречие – основа любого движения. Ключевой идеей здесь является конфликт (и прежде всего конфликт интересов основных участников бизнеса – рабочих, менеджеров, акционеров и т.д.), рассматриваемый как источник развития бизнеса, так как любое живое дело невозможно без конфликтов. В рамках данного подхода формируется любопытный взгляд на менеджмент, как на умение создавать и поддерживать в заданных пределах полезные для организации и пользы дела конфликты. Конфликт в организации рассматривается как костер: если огня нет, то в организации холодно, если огонь вышел из под контроля, то он уничтожит все. Костер нужно постоянно поддерживать, не давая ему ни затухнуть, ни бесконтрольно разгореться и выйти из под контроля.

4. Менеджмент «согласия» основан на формировании миссии организации, совместного видения будущего и связанного с ним творческого напряжения ее членов. Менеджер рассматривается как политик, которому не безразлично, что думают и что чувствуют его сотрудники. Постоянная идеологическая работа, работа с «сердцами и душами» сотрудников рассматривается как необходимый элемент управления.

Любопытно, что разные подходы выделяют разные аспекты одной и той же управленческой проблемы, а в совокупности формируют ее объемное видение. Например, цель:

- в рамках самоменеджмента – это желание;
- в рамках управления по целям – это ключевая составляющая плана, наряду с мероприятиями и бюджетом;
- в рамках менеджмента «раздора» - это полюс интересов;
- в рамках менеджмента «согласия» - это общее видение будущего.

Четыре вышеприведенные подхода легко проецируются на управление различными объектами: производством, персоналом, финансами, маркетингом, инновациями. Если провести визуализацию предлагаемого нами подхода к систематизации управленческих знаний для их прикладного использования, то получится следующая схема (см. рис.1).

В совокупности предлагаемые классификации школ и подходов дают возможность рассматривать управленческие задачи органично, с различных позиций, получая «панорамное видение», объемную картину происходящего в организации и за ее пределами. Кроме того, они позволяют избежать эклектики при изучении менеджмента, так как способствуют обнаружению под любыми взглядами различных исходных посылок авторов.

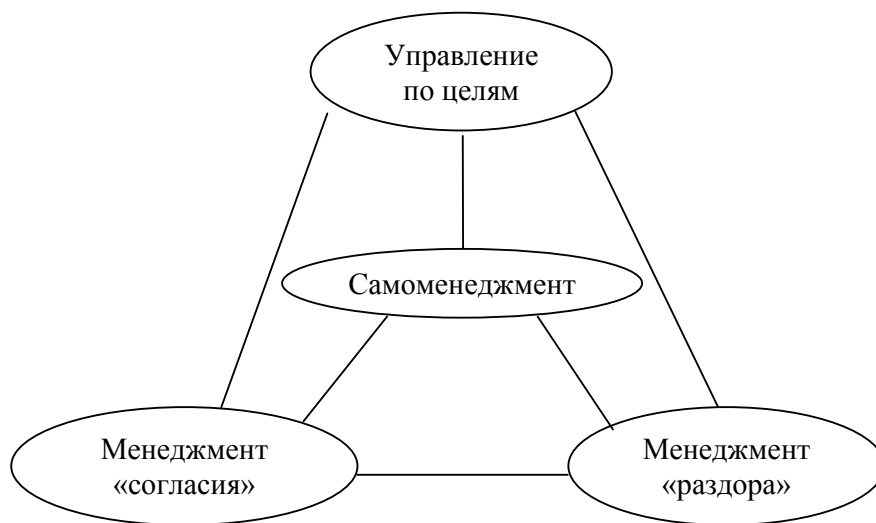


Рис. 1. Интеграция управленческих знаний для практического применения

Вышеперечисленные блоки образуют «ядро» знаний, умений и навыков любого профессионального руководителя.

РАЗВИТИЕ ЖИВОТНОВОДСТВА И ПТИЦЕВОДСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД С 1990 ПО 2010 ГОДЫ

Брит Н.В.

Северский технологический институт НИЯУ «МИФИ»
636070, Томская область, г.Северск, пр. Коммунистический 65

Развитие сельского хозяйства Томской области и Российской Федерации в целом с 1990 по 2010 годы нельзя рассматривать в отрыве от происходящих процессов глобализации экономики и позиции государства по этому вопросу. С учетом вышеприведенных факторов можно выделить несколько ярко выраженных этапов в развитии сельского хозяйства в эти годы.

1 этап – РАСПАД (1990-1998 гг.) характеризуется сворачиванием внутреннего производства продовольствия и переориентацией потребления на импортную продукцию. Действительно, в эти годы сложился колониальный контур российской экономики, когда за рубеж отправлялись сырьевые товары (прежде всего энергоносители), а встречный поток готовой продукции обеспечивал все внутренние потребности в продовольствии, бытовой технике, одежде и так далее. Данный контур обеспечивал жизнь 70 млн. человек в РФ (работники добывающих отраслей, а также торговли, банков, транспорта, связи, строительства, то есть отраслей обслуживающих добывающий сектор и движение товарных потоков). Оставшиеся 70 млн. человек (бюджетная сфера, работники промышленных предприятий) находились за чертой бедности, что приводило к бурному развитию квaziрынка с деформированным спросом, ориентированным на потребление различного рода суррогатов и контрафактной продукции. В этих условиях российское сельское хозяйство продемонстрировало свою неконкурентоспособность (частично связанную с неблагоприятными природно-климатическими условиями, повышающими себестоимость продукции, но в значительной степени из-за технического и технологического отставания, слабой мотивации и плохой организации труда).

Нельзя не обратить внимания на разрушительное воздействие государства и общеэкономической ситуации на процессы, происходящие в сельском хозяйстве в тот период. Колоссальная инфляция, огромный банковский процент, связанные кредиты под закупку продовольствия за рубежом (курятина, зерно), высокие налоги, распад хозяйственных связей внутри страны – все это усиливало негативные тенденции в экономике. Снижение государственного контроля привело к расцвету различного рода криминальных схем поставки продовольствия из-за рубежа (поставка зараженной буйволятины через Польшу и т.д.). Процесс распада крупных сельхозпредприятий сопровождался уничтожением значительных

производственных фондов (хищение, сдача в металлолом, разбор), а также неудачными экспериментами с развитием фермерских хозяйств (не имея средств, техники, удобрений, квалифицированных агрономов и зоотехников они были неконкурентоспособными и быстро распадались).

Некоторую стабильность продемонстрировало только личное подсобное хозяйство, хотя и в этом секторе не обошлось без потерь. Рост цен на энергоносители, распыленность хозяйств, отсутствие инфраструктуры их включения в рыночный механизм, наличие дешевых продуктов в магазинах, уход из хозяйствования старшего поколения, имеющего навыки и желание вести самостоятельное хозяйство – привело к частичному сворачиванию этого сектора. Хотя действовала и противоположная тенденция: в условиях закрытия производств в ряде секторов экономики (в частности, лесной отрасли), население вынуждено было переходить на самообеспечение (охота, рыбалка, собирательство, подсобное хозяйство).

Отдельно можно рассматривать социальные последствия происходящих процессов. Особо нужно отметить социальную деградацию села: пьянство, высокая смертность, миграция в город, утрата навыков ведения сельского хозяйства (деградация кадрового состава).

Все это «благополучие» держалось на низком курсе доллара (1 доллар – 6 рублей), поддерживаемом в значительной степени за счет огромных зарубежных валютных кредитах.

2 этап – СТАБИЛИЗАЦИЯ (1998-2003 гг.). Августовский кризис 1998 года привел к частичному сворачиванию внешнеэкономических связей (из-за нестабильности валютного курса и из-за завышенного курса доллара). Стала очевидной тенденция к импортозамещению, созданию производств на основе передовых зарубежных технологий, но на территории РФ. Первоначально эта тенденция коснулась в основном промышленности, в том числе и пищевой. Сырье и комплектующие изделия по-прежнему продолжали поступать из зарубежья. Динамика к росту импорта продовольствия сохранилась, но появились первые попытки перевести пищевую промышленность на местную сырьевую базу.

Первые успехи были достигнуты в птицеводстве, ряд российских птицефабрик обрели эффективных собственников, стабилизировали производство и заложили тенденцию к росту производства яиц и мяса птицы.

В птицеводстве в эти годы был разработан хозяйственный механизм эффективного сельскохозяйственного предприятия, который стал эталоном организации. Отличительные черты этого механизма следующие:

1. Крупное предприятие, основанное на использовании передовых зарубежных достижений в области селекции и технологии выращивания, что позволяет обеспечить конкурентоспособность продукции (как в области качества, так и в сфере себестоимости);

2. Наличие вертикально-интегрированной структуры, включающей в себя производство кормов, производство мяса, переработку и реализацию через собственную торговую сеть (хотя бы частично). Такое положение необходимо, так как только оно позволяет обеспечить достаточную норму рентабельности при различных изменениях конъюнктуры рынка, избежать ценовой дискриминации сельхозпроизводителя.

Именно эта схема стало успешно тиражироваться в РФ (птицеводство, свиноводство, производство молока).

Вместе с тем такая схема имеет и свои недостатки:

1. Обеспечивая значительный рост производительности труда, она приводит к избыточности сельскохозяйственного населения, а как следствие к социальным проблемам (безработица, разрушение традиционного быта, миграция в города);

2. Укрупнение производства создает дополнительную экологическую нагрузку на места его расположения.

Тем не менее, магистральный путь развития сельского хозяйства, представленный выше, можно считать безальтернативным.

Параллельно шел процесс раздела молокоперерабатывающих мощностей и стабилизация производства молока и молочной продукции. Здесь обозначились свои тенденции:

1. Резко сократилось потребление молока в кондитерской промышленности и производстве мороженого из-за перехода на заменители на основе пальмового масла;

2. Сократилось потребление молока при производстве масла, так как новые технологии предполагают увеличение выхода готовой продукции на основе его фальсификации (значительная доля различного рода наполнителей).

3. В силу высокой капиталоемкости производства молока и мяса говядины во многих случаях не происходила вертикальная интеграция, зернопроизводство, переработка, торговля действовали самостоятельно, что создало условия для дискриминации крупных сельхозпроизводителей со стороны перерабатывающих, торговых и финансовых организаций, конфликтов и их возможного недружественного поглощения в дальнейшем.

4. В условиях наличия каналов получения дешевого сухого молока и мясoproductов из зарубежья, разобщенности производства, переработки и торговли, не позволяющих обеспечить достаточный уровень рентабельности в каждом из звеньев, функционирование сельхозпредприятий в этой области было возможно только на основе значительных государственных дотаций. Фактически сложилась «дыра» через которую происходило и происходит перераспределение бюджетных средств.

3 этап – РОСТ (2004- по настоящее время). С 2004 года имеет место тенденция к росту производства сельскохозяйственной продукции. Речь, прежде всего, идет о птицеводстве и свиноводстве. Необходимо отметить, что в предшествующий период рынок был насыщен, поэтому источники роста этих отраслей лежат в сфере вытеснения зарубежных продуктов с российского рынка. Это делает понятным перспективы роста в этих отраслях. Так, в 2009 году было закуплено около 1 миллиона тонн курятины (в том числе 600000 тонн в США). Вот горизонты роста на ближайшие пять – десять лет. Обеспечить рост производства на 1 000 000 тонн на крупных предприятиях, внедряя интенсивные технологии и обеспечивая конкурентоспособность продукции по сравнению с мировыми образцами. При минимальной помощи со стороны государства (предъявление реальных требований к качеству зарубежных продуктов, прикрытие серых схем поставки) это вполне реализуемая задача. При этом рост будет происходить в условиях очень жесткой конкуренции между самими российскими производителями.

Аналогичная картина происходит (и будет происходить) в области свиноводства. Промышленное выращивание свиней в РФ может быть вполне конкурентоспособным.

Сложнее обстоит дело с производством молока и мяса говядины, где случаи успешной интеграции сельхозпроизводителей редки, имеет место стагнация производства, значительная доля производства приходится на личные подсобные хозяйства. И это несмотря на значительные государственные вложения по программам развития сельского хозяйства, активно ведущееся в последние годы технологическое обновление этого сектора.

Анализируя причины такого положения, нужно отметить:

1. Деформированность рынка. В условиях низкой покупательной способности населения, цены на мясном рынке определяются ценой курятины, ценовой разбег очень невелик (120 рублей курятина, 160 – свинина, 180 – говядина). В то время как затраты на производство этих видов мяса значительно различаются. Так, на производство одного килограмма курятины нужны 2 кормовые единицы, на производство килограмма свинины – 5, на производство килограмма говядины – 15, не считая различия в цикле производства, а, значит, и в скорости оборачиваемости средств (курятина – 3 месяца, свинина – 6 месяцев, говядина – 18 месяцев). В этих условиях производство говядины экономически нецелесообразно, ведется в основном как побочный результат молочного животноводства (в Томской области доля молочного стада в производстве говядины более 85 %). Объективно, цена говядины должна быть минимум в 2,5 раза выше цены курятины.

2. Наличие серых схем поставки заменителей и недоброкачественной продукции: австралийской кенгурятины, бразильской буйволятины,

монгольского мяса говядины. Только такое мясо конкурентоспособно на деформированном рынке, в значительной степени покрывает потребности пищевой промышленности.

3. В условиях жесткой конкуренции переработчики и торговля стремятся сохранить приемлемую для себя норму прибыли, предлагая дискриминационные цены сельхозпроизводителям. Такое положение становится возможным в условиях дотирования данного сектора со стороны государства, что по существу приводит к перераспределению бюджетных средств в пользу частного сектора. Не удивительно, что в таких условиях переработчики не проявляют интереса к поглощению сельхозпроизводителя. Сокращение дотаций привело бы к частичному свертыванию сельхозпроизводства при интенсификации процесса поглощения сельхозпроизводителей переработчиками.

4. Не урегулированы внешнеэкономические связи с рядом стран, где дотируется сельхозпроизводство. Не урегулированы внешнеэкономические связи с ближним зарубежьем (прежде всего Белоруссией).

5. Личные подсобные хозяйства имеют серьезные преимущества по налогообложению и не предполагают комплекса мер по социальной защите производителей, что способствует значительному снижению себестоимости. Поэтому происходит рост производства говядины в этих хозяйствах и в средних хозяйствах по серым схемам. Характерно, что организацией такого производства на территории РФ занимаются в основном национальные меньшинства (чеченцы, курды, азербайджанцы). Имея тесные национальные связи, они формируют серые схемы по полному циклу от производства до поставки мясопродуктов на рынок. Такая ситуация позволяет избегать налогообложения, выступает питательной средой для коррупции и развития криминала, в перспективе может привести к росту национальной напряженности.

Подобная ситуация складывается и с производством баранины. Дополнительно следует отметить устойчивый рост спроса на баранину последние годы, а также устойчивый рост спроса на «экзотические» виды продуктов: конину, козлятину, крольчатину, мясо гуся, утки, индейки, а также на козье молоко. Это ведет в свою очередь к устойчивому росту цен на эти виды продукции и делает их производство привлекательным для инвестиций. В настоящее время спрос на эти виды продуктов удовлетворяется за счет производства в личных подсобных и крестьянско-фермерских хозяйствах, либо (можно сказать даже - в основном) за счет импорта.

Важен инновационный характер обозначившегося роста производства сельхозпродукции, так как он обеспечивается в основном за счет освоения новой техники и технологий.

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД В АНАЛИЗЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Кербель Б.М., Попова И.Г.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65
e-mail: IGPopova@merphi.ru

Необходимость регулярного доказательства эффективности своей деятельности по критериям Минобразования РФ, стремления войти в престижнейшие мировые рейтинги университетов заставляет руководство НИЯУ МИФИ отказаться от традиционного административно-командного стиля управления, внедрять управленческие инновации в университетский менеджмент, что предполагает интеграцию различных методов, основанных на процессном управлении.

Переход к информационному обществу означает в том числе, что важным стратегическим ресурсом государства становятся знания, и преимущества по сравнению с остальными получит тот, кто сможет управлять этими знаниями. Высшее образование, как часть единой системы получения знаний, становится важным фактором экономического развития как отдельной личности, так и целых отраслей экономики, регионов и государства в целом. Появляется возможность тесного сотрудничества между вузами, наблюдается интернационализация университетов. Но вместе с тем обостряется борьба за абитуриента, за государственную поддержку фундаментальных и прикладных исследований, за рынки сбыта и др.

В современной России уже несколько раз предпринимались шаги со стороны государства по повышению эффективности деятельности высшей школы. С 2007 года в стране действует несколько федеральных университетов, целью создания которых явилось развитие системы высшего профессионального образования на основе оптимизации региональных образовательных структур и укрепления связей образовательных учреждений высшего образования с экономикой и социальной сферой федеральных округов.

С 2008 года в России заработала программа по созданию национальных исследовательских университетов (НИУ). В пилотном проекте, утвержденном указом Президента России, участвовали два ведущих университета страны – МИФИ и МИСиС. А затем в результате двух конкурсных отборов к ним присоединились еще 27 университетов. Важнейшими отличительными признаками НИУ являются способность как генерировать знания, так и обеспечивать эффективный трансфер технологий в экономику; проведение широкого спектра фундаментальных и прикладных исследований; наличие высокоэффективной системы

подготовки магистров и кадров высшей квалификации, развитой системы программ переподготовки и повышения квалификации.

Однако, в российских вузах годами сложился и не претерпел изменений административно-командный стиль управления. Он не позволяет вузу эффективно реагировать на изменения внешней среды и адаптироваться к новым условиям. Разберем в чем суть процессного подхода. Традиционный подход в управлении вузом предполагает выполнение всеми работниками, должностными лицами, структурными подразделениями своих функций, прописанных в должностных инструкциях, закрепленных в положениях о подразделениях, отраженных в уставе вуза. При функциональном подходе каждый сотрудник организации, в частности вуза, видит только часть работы, которую он выполняет сам и которую ему поручает его непосредственный руководитель. При этом работники не видят работы организации в целом и своей роли в этой работе.

Процессный же подход, как раз предполагает, что каждый сотрудник должен видеть свою роль в работе всей организации в целом, т.е. во всех процессах (направлениях деятельности) организации, поэтому подход и называется процессным. При процессном подходе каждый сотрудник осознает свой вклад в достижение целей организации и каким образом его личные цели и цели его структурного подразделения согласуются с целями всей организации

Чтобы сотрудникам, занимающимся различными видами деятельности, были понятны результаты анализа процессов, главными участниками которых являются их коллеги из других подразделений, анализ подразумевает необходимость не просто отображения каких либо статистических данных, но и обязательно качественных выводов о негативных сторонах и положительных тенденциях в работе и должен содержать предложения по решению проблем.

Еще один неотъемлемый атрибут процессного подхода – измеримые цели, только с помощью них можно достичь понимания вклада каждого подразделения и работника в достижение целей всей организации, сформулированных без использования общих слов типа «углубить», «улучшить» и т.д., т.е. когда можно количественно измерить их достижение или сделать однозначный вывод достигнуты они или нет.

Один из принципов процессного подхода – это открытость деятельности организации для всех сотрудников, т.е. доведение результатов анализа всех процессов и работы структурных подразделений до всех работников организации в доходчивом виде.

Таким образом, преимуществами процессного подхода по сравнению с функциональным являются:

- повышение эффективности горизонтальных связей в организационной структуре в отличие от вертикальных, которые традиционно хорошо отлажены;
- оптимизация обмена информацией между функциональными подразделениями;
- ориентация на конечный результат, а значит заинтересованность каждого конкретного исполнителя в качественном выполнении своей работы;
- непрерывность управления организацией на стыках между отдельными процессами, подразделениями и должностными лицами при их взаимодействии;
- отсутствие потерь информации на стыках подразделений, выполняющих один процесс;
- четкая определенность ответственных, сроков достижения и связанных с этим затрат;
- многоуровневый контроль качества, в том числе встраивание контроля в каждый процесс;
- наделение исполнителей полномочиями и, как следствие, освобождение руководителей от решения оперативных вопросов и сосредоточение на стратегических, системных вопросах;
- для обеспечения прозрачности информационных потоков появление языков описания, дающих возможность простой и наглядной графической интерпретации взаимосвязи и детализации процессов.

Повышение эффективности управления вузом достигается за счет:

- сокращение количества уровней принятия решений;
- возможности анализировать эффективность системы и оптимизировать ее, перестраивая отдельные процессы и взаимосвязи между ними;
- рассмотрения деятельности организации в динамике и др.

В заключении следует отметить, что НИЯУ МИФИ, являясь распределенным университетом, объединившим порядка двух десятков обособленных структурных подразделений, в своем стремлении занять свое место в мировых рейтингах опирается на результативность деятельности не только головного вуза (московской площадки), но и своих филиалов, территориально удаленных на многие тысячи километров.

В университете внедрена и сертифицирована система менеджмента качества, одним из восьми основных принципов которой является процессный подход. Провозглашена миссия и политика руководства НИЯУ МИФИ в области качества, где заявлено о стремлении университета достичь позиций лидерства в области кадрового и научно-инновационного обеспечения атомной отрасли, обеспечить непрерывное повышение конкурентоспособности университета за счет формирования эффективной системы многоуровневого профессионального образования, основанной на

интеграции науки, образования и производства. В документационную составляющую СМК включены карта и реестр процессов НИЯУ МИФИ, а также спецификации основных процессов.

В единой информационной системе НИЯУ МИФИ (<http://eis.mephi.ru/>) происходит накопление годовых и семестровых отчетов на уровне обособленных подразделений (филиалов), внутренних подразделений каждой организации (кафедр, факультетов), а также отдельных преподавателей. Накопленная статистика представляется в виде аналитических отчетов в динамике по годам и с возможностью эффективности оценки по каждому преподавателю, кафедре, филиалу.

Ежегодные отчеты ректора, заседания Ученого совета НИЯУ МИФИ транслируются в режиме видеоконференции.

При налаживании горизонтальных связей при протекании отдельных процессов были выявлены дублирующие, а иногда даже лишние подразделения. Достаточно болезненно происходит оптимизация организационной структуры как в самом головном вузе, так и в обособленных структурных подразделениях.

Повышение эффективности университетского менеджмента за счет внедрения управленческих инноваций, в том числе процессного подхода, позволило НИЯУ МИФИ «вступить в гонку» за возможность к 2020 году попасть в пятерку российских университетов из первой сотни ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу университетов.

Первым шагом в реализации данной задачи явилось то, что в июле 2013 г. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» стал одним из 15 победителей престижнейшего конкурса за право побороться за мировые рейтинги и вошел в перечень вузов, получивших право на получение субсидии на реализацию плана мероприятий по повышению международной конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров

В настоящее время НИЯУ МИФИ испытывает ряд проблем, к основным из которых можно отнести несогласованность целей и задач на разных уровнях управления, несоответствие структур и методов управления решаемым задачам, превалирование задач оперативного управления над стратегическими и др. Все это сказывается на эффективности исполнения отдельных процессов и, в конце концов, на эффективности управления всего университета в целом.

Решение данных проблем предполагает использование различных методов, основанных на процессном управлении, что, в свою очередь, позволит включить структурные подразделения и персонал в управление вузом, повысить их заинтересованность и ответственность за результаты, оценить вклад в достижение стратегических целей и показателей деятельности университета.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ КОНСЕРВАТИВНО- ЛИБЕРАЛЬНОЙ ИДЕОЛОГИИ

Курсанова Е.С.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
E – mail: zavkir@mail.ru

В статье рассматриваются особенности философско-методологического подхода к анализу роли прошлого исторического опыта в условиях общественных преобразований при условии присутствия представителей консервативно-либеральной идеологии XIX – XX вв.

В исторической и политологической литературе [1, 2] можно найти обстоятельный анализ различий между консервативно-либеральной и леволиберальной точками зрения по таким конкретным политическим проблемам, как отношение к революции, государству, национальной специфике, семье и т.д. Однако вопрос об исходной мировоззренческой основе этих различий пока остается дискуссионным. Одни исследователи видят сущность консервативного либерализма в «оппозиции мышлению, основанному на идее естественного права»; другие – в практическом подходе к социальной действительности и вытекающем из него признании права на существование институтов и форм, кажущихся «неразумными», с точки зрения отвлеченных теоретических схем; третьи – в понятии «общественного организма» и отрицании возможности произвольного переноса политических и правовых институтов одной нации на другую; четвертые – в специфическом подходе к свободе, ограничивающем ее субъективной, частной стороной жизни и допускающем ее подчинение высшим принципам; пятые – в «рационализации существующих институтов в терминах истории, Бога, природы и человека» и т.д.

Нам представляется, что ведущим элементом консервативно-либеральной идеологии, из которого вытекали все остальные ее особенности, следует признать специфическое решение вопроса о том, что должно быть главным критерием в оценке общественных преобразований. Для леволиберальной идеологии, испытавшей сильное влияние радикальных идей французского просвещения, этим критерием являлось соответствие рационально построенному идеалу общественной системы. Консерваторы, начиная с Э.Берка, не уставали доказывать пагубность рационалистического конструирования общественных идеалов и плодотворность опоры на исторический опыт при определении того, что в обществе нуждается в улучшении, а что – в сохранении. Требование сверять каждый политический шаг с историей, включать исторический опыт в стратегию любых нововведений является ядром консервативного либерализма, цементирующим все остальное его идейное содержание. Это

нормативное требование к социально-политическим проектам находилось в неразрывном единстве со специфическим пониманием соотношения прошлого, настоящего и будущего в историческом процессе. Для просветительского, а затем и леволиберального мировоззрения прошлое – это ничто, поскольку оно прошло, оставив после себя лишь смутные воспоминания; а потому имеет значение только настоящее, причем, главным образом, как объект критики с позиции придуманного разумом совершенного образца общественного порядка, а затем и как объект преобразования, цель которого – устранение из настоящего нерациональных элементов. Считая разум статичным, самодостаточным и независимым от влияния истории, а действительность – нуждающейся в прогрессивном совершенствовании для ее приближения к разумному образцу, леволиберальная мысль из триады «прошлое-настоящее-будущее» фактически лишь в отношении последнего признает подлинное право на существование.

Совсем иначе данная триада осмысливается в консервативно-либеральном мирозерцании. Прошлое здесь – это не только минувшее, но и живущее в настоящем в виде всех созданных прежними поколениями общественных форм и ценностей, непосредственно и опосредованно обуславливающих сегодняшнюю жизнь.

Консервативные либералы вполне солидарны со словами Гегеля: «Жизнь настоящего духа есть кругообращение ступеней, которые, с одной стороны, еще существуют одна возле другой, с другой стороны, являются, как минувшее. Те моменты, которые дух ... оставил позади себя, он содержит в себе и своей настоящей глубине» [3]. Причем, прошлое, в их понимании, не только живет в настоящем, но и определяет самые значимые, существенные его стороны, поскольку для консервативного либерализма таковым может считаться лишь то, что сформировалось в результате медленного постепенного становления.

Настоящее для консервативного либерала, таким образом, оказывается не столько началом будущего, как считали просветители, сколько, по меткому замечанию К.Мангейма, «последним пунктом, которого достигло прошлое»[4]. «Консерватор, - писал Мангейм, - видит всякое значение явления в прошлом, как в зародыше эволюции ... Эту идею «прошлого, которое за этим кроется», можно интерпретировать как предыдущую фазу эволюции, которая может объяснить любой элемент современной ситуации»[5].

Естественно, что будущему при такой трактовке отводилась роль не преодоления настоящего, а дальнейшего развития («улучшения») того, что в настоящем сформировано прошлой эволюцией. Будучи либералами, консервативные либералы отнюдь не являются противниками реформ, если общество в своем историческом развитии созрело для их проведения, но они требуют, чтобы эти реформы осуществлялись исключительно

постепенно, так чтобы старое изживалось, одновременно вращаясь в новое и тем самым создавая историческую преемственность, на которой только и возможно прочное новое созидание нового.

Отсюда понятно, почему всеми консервативными мыслителями особая роль отводилась исторической науке. Стремление опереться на историческое знание при обосновании своих доктрин является характерным для всех течений общественной мысли, в том числе и леволиберальной, среди представителей которой было много крупных историков.

Но для либералов консервативного крыла история была не только аргументирующей базой политики, но и исходной ее точкой, ориентиром, направляющим политиков, как говорил Э.Берк, «не прерывать, а улучшать то, что имеет корни в историческом прошлом»[6]. Историческая же наука, с точки зрения консервативного либерализма, должна сознательно ориентироваться на служение политике, давая последней почву для принятия правильных решений.

Следует заметить, что своим рождением консервативный либерализм обязан не только эволюции политической мысли, но и одному из направлений исторической науки – идеалистическому историзму (А.Токвиль, Ф.Гизо, Л.Ранке и др.) Будучи органическим сплавом ряда идей об историческом процессе и историческом познании (идеи прогресса, исторической индивидуальности, познаваемости исторического прошлого, специфики исторического познания и др.), идеалистический историзм изначально был созвучен консервативно-либеральной позиции «адвоката» прошлого в настоящем. В политологических и историографических исследованиях тесная связь между консервативным либерализмом и идеалистическим историзмом должного освещения пока не получила, хотя и неоднократно констатировалась, в частности К.Мангеймом. «Историзм, - писал он, - ... это явление сложное и многостороннее. Но в узловых точках он консервативен. Всюду где он появляется, он играет роль политического аргумента против революционного разрыва с прошлым»[7].

Историки, являвшиеся сторонниками принципов идеалистического историзма, последовательно настаивали на “исторической экспертизе” политических проектов, на необходимости исторического подхода не только к прошлому, но и к современности, и к будущему. Считая, что каждый новый этап развития народа бесчисленными нитями связан с прошлыми этапами, они выдвинули идею синтеза современной политики и исторической науки. Политик, полагали они, должен быть исторически образован, поскольку иначе он не сможет определить, какие социально-политические институты имеют исторические корни и требуют бережного отношения к себе, а какие могут быть реформированы без болезненных последствий. Историческая же наука должна видеть свою главную задачу в

ориентировании политики и воспитании общества в духе уважения к ценностям, вынесенным народом из своего прошлого.

Придя к такому выводу, многие представители идеалистического историзма, включая его ведущих идеологов (А.Токвиль, Ф.Гизо, Г.Зибель и др.), считали естественным сочетание занятий академической наукой с активной политической деятельностью. Но едва ли только личное участие историков-консерваторов в политической жизни было причиной превращения консерватизма из течения в английской, немецкой и французской историографии в мощное политическое направление общеевропейского масштаба. По-видимому, несравненно большее значение имел огромный авторитет историков-консерваторов в их профессиональной среде, завоеванный, конечно не общеметодологическими декларациями, а историческими исследованиями, ставшими образцами научности. Именно этому авторитету консервативно-либеральное мировоззрение обязано быстрым овладением умами большинства историков, что, естественно, привело к тому, что уже в середине XIX в. консервативный историзм интенсивно подготавливал, используя систему как начального, так и университетского образования, переход на консервативные позиции и политической элиты, и представителей социального большинства.

Рефлексия связи между исторической наукой и современной политикой в XIX в. наиболее сильно проявилась в немецкой историографии (Л.Ранке, Г.Зибель, Г.Трейчке и др). Не случайно, именно в работах немецких историков понятие «современность» («Gegenwart») в качестве методологической категории стала употребляться раньше, чем у историков других стран.

В русской исторической науке самыми убежденными сторонниками идеи о политической функции исторического знания были С.М.Соловьев, Б.Н.Чичерин и В.И.Герье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современный консерватизм. - М.: Наука, 1992. – 420 с.
2. Сокольская И.Б. Консерватизм: идея или метод? // Политические исследования. 1998. - №5. – С.52-63; Либеральный консерватизм: история и современность. – М.: РОСПЭН, 2000. – 384 с.
3. Гегель Г.-В. . Сочинения. Т.8. - М.: Политиздат, 1935. - С.175
4. Мангейм К. Консервативная мысль // Социологические исследования, 1993.- №2.- С.145.
5. Там же, С.143.
6. Бёрк Э. Размышления о революции во Франции // Социологические исследования, 1991.- №9.- С.124.
7. Мангейм К. Диагноз нашего времени. – М.: Юрист, 1994. – С..616.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ТРУДА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Михеенко С.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: smihenko@yandex.ru

Российский рынок труда представлен множеством региональных рынков с их специфическими проблемами, поэтому начальное формирование рынка занятости происходит именно на уровне региона. На рынке труда Томской области наблюдаются изменения как в численности экономически активного населения, уровне занятости и безработицы, так и в трудоустройстве, формировании банка вакансий и других аспектах, поэтому необходим подробный анализ основных показателей, характеризующих рынок труда, и отслеживание их динамики.

Динамика рынка труда Томской области за последние годы может быть охарактеризована следующими показателями:

1. *Численность населения в трудоспособном возрасте.* За период 2008-2020 гг. сокращение численности населения трудоспособного возраста может достичь 93 тыс. человек (на 13 %). По прогнозу Росстата к 2020 году доля населения трудоспособного возраста в области снизится (с 66,5% до 55,4%) и приблизится к среднему российскому показателю.

2. *Возрастная структура населения.* В возрастной структуре населения, занятого в экономике, наибольший удельный вес составляют работники в возрасте 20 - 29 лет (29,0%), 40 - 49 лет (24,5%), 30 - 39 лет (23,5%). Средний возраст работников - 38,3 лет (по России - 39,6 лет, в Сибирском федеральном округе - 39,0 лет).

3. *Миграция.* В Томской области отмечается миграционный прирост, который увеличился за период 2005 - 2008 гг. в 2,4 раза и составил 3,6 тыс. человек, а за 2009-2012 гг. в 2,2 раза. Межрегиональная миграция выросла в 4,9 раза (1,2 тыс. человек), международная миграция - в 1,9 раза (2,4 тыс. человек). Миграционный прирост населения в 2012 году по сравнению 2011 годом снизился на 13% и составил 1750 человек. Положительное сальдо миграции позволило компенсировать естественную убыль населения и обеспечить прирост численности городского населения Томской области. Однако в сельской местности наблюдался стабильный отток (за 5 лет миграционные потери села составили 4 тыс. человек).

Закрепление на рынке труда области выпускников ВУЗов, в том числе прибывших из других регионов, позволит смягчить проблему сокращения трудовых ресурсов.

4. *Динамика уровня экономической активности и занятости населения.* Уровень занятости населения в Томской области за период 2000 - 2008 гг. увеличился с 55,7% до 61,0% (в Российской Федерации - с 58,6%

до 63,4%; Сибирском федеральном округе - с 56,7% до 61,1%). В городской местности показатель увеличился с 58,7% до 65%, в сельской местности сохранился на уровне 52,0%. На 01.01.2012 года численность экономически активного населения области составила 558,6 тысяч человек с приростом к прошлому году в 1,74% или на 9,6 тыс. человек (в 2010 году – 549,0 тысяч человек). На 01.01.2013 года численность экономически активного населения области составила 527,1 тысяч человек, что соответствует 94,4% к уровню 2011 года.

Для области характерно преобладание мужской занятости. Гендерное неравенство в уровне занятости обусловлено доминированием сырьевых отраслей в экономике области и как следствие - диспропорцией в оплате труда. Несмотря на сырьевую структуру экономики региона, доля женщин в общей численности занятых на крупных и средних предприятиях составляет 50% (выше среднероссийского показателя).

Существенную часть незанятых граждан составляют молодые женщины, воспитывающие малолетних детей. Реализация демографической программы, направленной на повышение рождаемости, усиливает проблему совместимости функций матери и работника.

Спецификой областного рынка труда является высокий уровень занятости пенсионеров, что обусловлено ранним выходом на пенсию работников в северных районах. Пенсионеры преимущественно заняты на непрестижных рабочих местах в бюджетной сфере с низкой оплатой труда.

5. *Отраслевая структура занятого населения в экономике.* Индустриальная занятость незначительно превышает среднероссийскую, поскольку ресурсодобывающие отрасли нетрудоемки.

В сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве доля занятых за 2010 – 2012 гг. снизилась с 11,5% до 7,0% (среднероссийский показатель - 7,8%). При этом сельское хозяйство развито в южной части Томской области с лучшими природно-климатическими условиями, а доля отрасли в валовом региональном продукте невелика – не более 4%. Все это указывает на структурные проблемы занятости в сельской местности и низкую трудовую мобильность сельского населения.

Существенно изменилась структура занятости по формам собственности: доля занятых на частных предприятиях выросла с 76,6 % до 84,9 %. При этом доля работающих в организациях государственной и муниципальной формы собственности сократилась с 12,4 % до 8,0 %.

Инновационную наукоемкую сферу характеризует более 350 инновационных фирм. Томская область находится в лидерах по численности персонала, занятого исследованиями и разработками - свыше 8 тыс. человек.

6. *Занятость на малых предприятиях.* Уровень занятости в частном секторе Томской области один из самых высоких в Сибирском федеральном округе и в целом по стране. Это подтверждает наличие

благоприятных условий для развития бизнеса в регионе и высокую предпринимательскую активность населения.

В среднем за рассматриваемый период доля занятых на малых предприятиях составляет 18,8 % от числа занятых в экономике и 38 % от общей численности трудоспособного населения. В расчете на душу населения Томская область занимает 1-е место в России по объему инвестиций в основной капитал субъектов малого предпринимательства и 3-е место по приросту числа малых предприятий. Ежегодно в регионе создается более 40 малых инновационных предприятий.

Около двух третей занятых на малых предприятиях Томской области в разрезе видов экономической деятельности приходится на торговлю и бытовое обслуживание, обрабатывающие производства и строительство (22,8%, 21,3% и 19,4% соответственно).

7. Динамика численности безработных граждан. В целом тренд уровня безработицы в Томской области совпадает с общероссийской тенденцией. Максимальный уровень общей безработицы, рассчитанный по методологии Международной организации труда, пришелся на 2003 год (13 %), регистрируемой безработицы - на 2004 год (4,5 %). Рост уровня регистрируемой безработицы объясняется активной реализацией программы жилищных субсидий, для участия в которой незанятые граждане трудоспособного возраста регистрировались в органах службы занятости в качестве безработного. Начиная с 2005 года, ситуация на регистрируемом рынке труда стабилизировалась. Положительные тенденции связаны с ростом производства, инвестиционной активностью предприятий, развитием малого и среднего бизнеса. Снижение уровня безработицы сохранялось до третьего квартала 2008 года включительно. В связи с экономическим кризисом в конце 2008 года уровень общей безработицы увеличился с 6,8 % до 8,0 % от численности экономически активного населения (регистрируемой - с 1,7 % до 2,2 %). Уровень регистрируемой безработицы, зафиксированный на 1 января 2010 года – 3,28 %. Уровень безработицы в Томской области по итогам 2012 года снизился до 1,74% от экономически активного населения, что меньше, чем в 2011 году – 1.92%. За 2011 год численность зарегистрированных безработных граждан снизилась на 18,3% и на начало 2012 года составила 10718 человек. На начало 2013 года этот показатель составил 9169 человек.

Коэффициент напряженности на рынке труда Томской области на 1 января 2012 года составил 1,1 человек (на 1 января 2011 года – 1,7 чел.).

8. Безработица: гендерный, возрастной и поселенческий аспекты. Измерения безработицы по методологии МОТ показывают, что доля женщин среди безработных в России, Сибирском федеральном округе и Томской области составляет 43-48 %. В Томской области за период 2000-2010 гг. этот показатель снизился с 45,4% до 43,2%, по России и Сибирскому федеральному округу вырос соответственно с 45,4% до 46,9%

и с 46,1% до 47,7%. Среди зарегистрированных безработных Томской области доля женщин составила 59,2 % (в среднем по России – 60,3%).

Преобладание женщин среди зарегистрированных безработных объясняется тем, что женщинам труднее использовать активные стратегии поиска работы. Они чаще обращаются за помощью в государственные органы занятости по вопросу трудоустройства или за пособием по безработице. При ухудшении экономической ситуации в регионе и возрастании напряженности на рынке труда доля женщин среди зарегистрированных безработных снижается.

75% официально зарегистрированных безработных граждан Томской области проживает в сельской местности.

Среди безработных граждан доля лиц в возрасте до 30 лет составила 41%, что ниже среднероссийского показателя (43,0%) и среднего значения по Сибирскому федеральному округу (43,1%). Подавляющее количество ищущих работу находятся в самом активном возрасте от 30 до 50 лет.

По расчетным данным численность трудовых ресурсов Томской области в 2020 году составит 633,5 тыс. человек, в том числе численность экономически активного населения - 480,9 тыс. человек. Величина общей безработицы к 2020 году достигнет естественного уровня - 5% от экономически активного населения.

Недостаток высококвалифицированных менеджеров и специалистов будут испытывать такие сектора экономики, как электротехника, приборостроение и электроника, машиностроение, строительный и лесопромышленный комплексы. Вследствие оттока населения из-за низкой привлекательности труда на селе возникнут проблемы обеспеченности трудовыми ресурсами АПК. Покрыть данный недостаток в рабочей силе возможно за счет вовлечения в экономику части неактивного населения (52 тыс. человек) либо за счет миграции из других регионов и стран.

Проведя анализ основных показателей регистрируемого рынка труда Томской области можно сделать вывод, что сложившаяся ситуация стабильна, оценивается удовлетворительно и динамика изменения имеет положительную тенденцию, предсказуемый характер, не вызывая опасения. Но в современных условиях необходимо знать тенденции и перспективы развития регионального рынка труда на основе его специфики, резервов и возможностей, которые складываются объективно и под воздействием конкретных направлений государственной поддержки и регулирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Департамент труда и занятости населения по Томской области. [Электронный ресурс]: Государственная служба занятости. Режим доступа: <http://www.rabota.tomsk.ru>. – Загл. с экрана.

**ДЕЛОВАЯ АКТИВНОСТЬ ЖЕНЩИНЫ – ПОТЕНЦИАЛ
СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЗАТО СЕВЕРСК****Михеенко С.Н.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: smihenko@yandex.ru

Актуальность гендерной проблематики в сфере занятости в условиях монопрофильного города связана с тем, что «гендерная асимметрия» профессиональной сферы является не только продуцируемой характеристикой градообразующего предприятия, она изначально заложена в условие функционирования предприятий оборонно-промышленного комплекса ядерной отрасли. Именно поэтому на протяжении многих лет центр занятости ЗАТО Северск ведет работу с такой сложной социально-демографической группой как женщины, понимая, что деловая активность женской половины населения – это значительный потенциал социального развития моногорода.

Специфика основного производства разделяет рынок труда ЗАТО Северск на два сегмента, которые имеют различия и в уровне заработной платы, и в условиях труда, и в степени стабильности, и социальной защищенности. Такое разделение в свою очередь изначально распределяет гендерные роли так, что женщины оказываются вытесненными в тот сегмент рынка труда, который не связан с основным производством. А, следовательно, женщины изначально оказываются на рынке труда в менее выгодных условиях.

Очень ярко гендерную асимметрию на рынке труда можно продемонстрировать при анализе спроса на рабочую силу. В период 2009-2011гг. количество вакансий, предполагающих мужскую занятость, увеличилось почти в 1,5 раза к уровню 2009г. Так, численность вакансий для мужчин за 2011год составляла 60,6% (в 2010 году – 42,4%, в 2009 году – 36,0% от общего объёма вакансий), для женщин число предложенных вакансий в 2011 году было 28,1% (в 2010 году – 30,4%, в 2009 году – 30,2% от общего объёма вакансий). При этом вакансии подходящие как для мужчин, так и для женщин все эти годы сокращались: в 2009 году – 34,8%; в 2010 году – 27,2%; в 2011году число таких вакансий составило лишь 21,6% от общего их числа. Некоторые вакансии (администратор, консультант, менеджер, продавец, маляр, страховой агент, торговый агент, экономист, парикмахер-универсал и другие) ранее предполагали трудоустройство как мужчин, так и женщин, но в последнее время работодатель более конкретно формулировал требования к соискателям на рабочее место.

Доля «женских» вакансий за последние годы существенно не изменилась и составляла около 30 %. В 2011г. спрос на женский труд был

представлен следующими отраслями: образование (младший воспитатель – 74 вакансии, воспитатель - 45 вакансий), здравоохранение (сестра медицинская – 61 вакансия), профессиями сферы обслуживания (продавец продовольственных и непродовольственных товаров – 78 вакансий, уборщик служебных помещений – 158 вакансий).

Вместе с тем, за 2009-2011 гг. доля женщин признанных безработными, увеличилась с 46,1% до 51,5% от общего числа признанных безработными. Социальный портрет безработной женщины в эти годы можно охарактеризовать так – женщина с высшим образованием и опытом работы, в возрасте от 21 до 35 лет, имеющая несовершеннолетних детей.

Так, в совокупности предложений для женщин диапазон профессий в среднем на 30-40% меньше, чем для мужчин. Но при этом следует отметить, что сравнительный анализ периодов демонстрирует процесс сглаживания такого рода разрыва.

При этом спектр "мужских" профессий имеет практически в 2,5 раза меньше вариантов неквалифицированного труда.

Говоря о гендерной сегрегации в сфере занятости, интересным представляется анализ "мужских" и "женских" профессий в зависимости от необходимости определенного эмоционального вклада в работу. К профессиям, предполагающим эмоциональную нагрузку, были отнесены такие, как: продавец, учитель, воспитатель, санитар, врач, парикмахер.

Так, для женщин более чем в 2 раза чаще предлагаются те виды работ, которые предполагают общение с людьми, а, следовательно, и необходимость демонстрировать, дружелюбие, внимание, приветливость и т.д. При этом если для мужчин за последние годы набор "эмоциональных" видов деятельности практически не изменился, то для женщин он значительно увеличился.

Подытоживая анализ горизонтальной гендерной сегрегации, можно сказать, что женщины имеют относительно узкий (по сравнению с мужчинами) спектр профессий, который в свою очередь характеризуется преобладанием неквалифицированного труда и "эмоциональной" работы.

В 2012 году внесены изменения в законодательство, направленные на защиту женщин от дискриминации на рынке труда. Наряду с этим необходимо отметить, что Центр занятости ЗАТО Северск уделяет постоянное внимание комплексному решению вопроса занятости женщин:

- Ежегодно в центр занятости обращаются 1200-1500 женщин.
- Большинство женщин сталкиваются с безработицей в возрасте от 16 до 29 лет (40%).
- Ежегодно при содействии центра занятости находят работу более 1200 женщин, из них в возрасте до 30 лет – 50%.

В последние годы увеличилось число специализированных мини-ярмарок вакансий, организованных специально для женщин, где свои

вакансии для трудоустройства предлагают не только предприятия и организации г.Северска, но и г.Томска. Спектр предлагаемых вакансий достаточно широк. Чаще всего это профессии квалифицированных и неквалифицированных рабочих. Несколько реже в рамках подобных ярмарок работодатели предлагают вакансии служащих. Молодые женщины в возрасте до 30 лет являются самой многочисленной аудиторией подобных ярмарок. В 2012г. женщины составили 61% от общего количества участников ярмарок. К сожалению, соотношение количества вакансий и числа соискательниц на эти рабочие места в очередной раз демонстрирует, что предложение рабочей силы для этой демографической группы значительно превышает спрос.

Проведение специализированных ярмарок вакансий позволяет повысить шансы трудоустройства у женщин, т.к. при личном контакте с работодателем раскрываются профессиональные возможности и личностные качества женщины. Женщины могут соотнести уровень собственных притязаний и реальную ситуацию на рынке труда.

С 2012 года специализированные ярмарки вакансий для женщин проводятся в рамках тематических встреч в клубе «Современная деловая женщина».

Традиционно женское участие в общественных работах составляет более половины случаев обращения безработных граждан к данной форме решения проблемы занятости: женщины быстрее соглашаются на неквалифицированный труд, нежели мужчины. В рамках общественных работ женщины занимаются доставкой почты, работают кондукторами на транспортных предприятиях, участвуют в организации занятости несовершеннолетних учащихся на летний период в качестве руководителей групп подростков, принимают участие в организации отдыха детей и в содержании оздоровительных лагерей в качестве воспитателей, вожатых, уборщиков помещений и мойщиков посуды.

Участие в общественных работах позволяет женщинам не утратить навыки трудового поведения, позволяет сохранить определенный уровень материального достатка семьи. Ежегодно доля участия женщин в общественных работах составляет около 55,4% от общего количества участников программы.

Для многих женщин проблему трудоустройства удастся эффективно решать в рамках программы "Организация временного трудоустройства безработных граждан, испытывающих трудности в поиске работы" (в 2012 г. из 79 участников программы, 43 женщины, что составляет 55% от общего количества участников программы). Среди участниц программы 16 женщин являются одиночками, 5 - многодетными. Стоит отметить, что женщины, самостоятельно воспитывающие детей, отличаются мобильностью в трудовой сфере. Они готовы браться за любую работу, приносящую материальный достаток. Это связано с двумя основными

причинами. Во-первых, зачастую таким женщинам не на кого рассчитывать кроме себя. А во-вторых, требования рынка труда значительно снижают амбициозность.

В свою очередь выпускницы учреждений начального и среднего профессионального образования имеют возможность трудоустроиться по программе «Первое рабочее место». В рамках программы женщины в основном трудоустраиваются по следующим профессиям: воспитатель детского сада, штукатур-маляр, повар, швея, продавец, делопроизводитель. Популярной среди выпускниц профобразования стала программа стажировки выпускников образовательных учреждений в целях приобретения ими опыта работы – временное (до 6 месяцев) трудоустройство по полученной специальности под руководством опытных наставников. После завершения участия в программе половина участниц, получив первый профессиональный опыт, трудоустроились постоянно. Профессиональное обучение по направлению службы занятости – один из эффективных инструментов повышения конкурентоспособности женщины на рынке труда.

Сегодня ОГКУ «Центр занятости населения ЗАТО город Северск» организует профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации более, чем по 50 востребованным профессиям на базе 25 учреждений начального, среднего, высшего и дополнительного профессионального образования г. Томска и г. Северска. В 2012 году прошли обучение 96 безработных женщин, что составляет около 50 % от общего числа безработных граждан, обучившихся по направлению Центра занятости.

В зоне особого внимания службы занятости – женщины, находящиеся в отпуске по уходу за ребенком до 3-х лет. Многие молодые женщины, как правило, с трудом возобновляют профессиональную деятельность с учетом полученной квалификации или не приступают к ней вовсе. Профессиональная реабилитация такой группы женщин затем на более поздних этапах достаточно проблематична и сложна. Возможность получить знания и профессиональные навыки, соответствующие современным требованиям к работнику, приобретает для женщин, имеющих перерыв в работе, связанный с материнством, высокую степень актуальности. Особенно популярны для этой категории женщин такие направления обучения, как: повышение квалификации среднего медицинского персонала, повышение квалификации педагогических работников, обучение навыкам работы с востребованными сегодня программными продуктами, повышение квалификации бухгалтера и т.д.

Профессиональное обучение позволяет женщине восстановить квалификацию, получить необходимые знания для последующей организации предпринимательской деятельности, получить новые профессиональные компетенции.

С учетом реалий рынка труда служба занятости помогает адаптироваться на рынке труда и женщинам, имеющим предпенсионный возраст либо уже оформившим пенсию. Обучение данной категории граждан - важная социальная задача. В силу возрастного фактора многим из них не хватает знаний, предусмотренных требованиями времени (знание программ 1С, Word, Excel). Кто-то уже не может реализовать себя по имеющейся профессии – такие женщины готовы обучиться новой профессии – охранник, парикмахер и т.д.

Если, несмотря на все усилия, женщине не удастся найти работу, специалисты центра занятости предлагают ей услуги по социальной адаптации на рынке труда. В 2012 году 134 женщины получили услугу по социальной адаптации, в том числе стали участницами клубов социальной адаптации «Новый старт», «Мастерские планирования карьеры» и Клуба поиска работы. Психологи-профконсультанты, проводившие занятия в клубах, отмечают, что основными проблемами участниц является заниженная самооценка, неумение представлять свою кандидатуру в процессе собеседования с работодателем, неумение пользоваться источниками информации о вакансиях, сниженный эмоциональный фон, личностные проблемы, слабая профессиональная подготовка.

Содействие женщинам, решившим организовать собственный бизнес, осуществляется по следующим направлениям:

- информирование о возможности заняться предпринимательской деятельностью, включая ознакомление с законодательством;
- информирование об организациях, занимающихся вопросами развития предпринимательства, видах и условиях оказываемых ими услуг;
- тестирование-анкета на выявление способностей и готовность к осуществлению предпринимательской деятельности;
- подбор вариантов профессионального обучения в целях подготовки к предпринимательской деятельности;
- содействие в разработке и экспертизе бизнес-плана, в том числе в рамках работы клуба «Предприниматель»;
- оказание финансовой помощи при регистрации права на осуществление предпринимательской деятельности.

На основании решения экспертной комиссии может быть предоставлена финансовая помощь размере 12-кратной максимальной величины пособия по безработице, которая может быть увеличена на сумму 12-кратной максимальной величины пособия по безработице за каждое созданное в рамках проекта рабочее место для трудоустройства безработных граждан.

Из предпринимательских проектов, получивших поддержку Центра занятости населения ЗАТО город Северск, около 60% - проекты, реализованные женщинами. Женщины организуют свой бизнес, продумывая все до «мелочей». И, как правило, они успешны!

Основными направлениями бизнеса, организованного женщинами в 2011-2012 годах стали: консультирование по вопросам коммерческой деятельности; оказание юридических услуг; ателье и мастерская по ремонту одежды; психологические услуги; услуги по дополнительному образованию детей; туристическое агентство; организация кафе и т.д.

Уже состоявшиеся бизнес-леди, получившие некогда старт для своей предпринимательской карьеры благодаря поддержке Центра занятости, с удовольствием принимают участие в мероприятиях Центра занятости, нацеленных на повышение мотивации женщин к активному решению вопроса своей занятости. Уже традицией стало проведение в преддверие праздника 8 марта заседаний клуба «Современная деловая женщина». Женщины имеют возможность в ходе неформальной беседы ознакомиться с историями успеха женщин-предпринимателей, организовавших свой бизнес при поддержке Центра занятости. Обязательным элементом встреч в клубе становится проведение мастер-классов, организованных либо силами представителей бизнеса, либо учебными учреждениями.

На протяжении многих лет центр занятости ведет работу с такой сложной социально-демографической группой как женщины. При решении вопросов трудоустройства этой категории приходится сталкиваться с целым комплексом проблем: начиная от психофизиологических особенностей до ситуации жесткой вертикальной и горизонтальной сегрегации в профессиональной сфере в условиях города с моноэкономической структурой. На сегодняшний день специалисты северского центра занятости в своей работе успешно реализуют несколько направлений, связанных с преодолением описанных выше трудностей.

Невозможность единообразного решения в данной ситуации постоянно стимулирует поиск новых проектов в работе с женщинами. В 2013 году содействие занятости женщин, обращающихся в государственную службу занятости, осуществляется специалистами центра занятости в соответствии с утвержденным Планом, включающим комплекс мероприятий, учитывающим различные социально-демографические характеристики женщин – образование, опыт работы, возраст, наличие детей определенного возраста и т.д. Реализация этих мероприятий позволит сгладить социальную и гендерную напряженность на рынке труда ЗАТО Северск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Департамент труда и занятости населения по Томской области. [Электронный ресурс]: Государственная служба занятости. Режим доступа: <http://www.rabota.tomsk.ru>. – Загл. с экрана.
2. Аналитические данные за 2009-2012гг. ОГКУ «ЦЗН ЗАТО город Северск».

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ТРУДА**Михеенко С.Н.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: smihenko@yandex.ru

Сложившаяся на рынке труда в России ситуация - одна из наиболее сложных и запутанных проблем современного рынка производства. Российский рынок труда, с одной стороны, трудodefицитный по структуре, а с другой стороны – избыточен по объёму.

Для рынка труда России характерно уменьшение количества и качества работоспособного населения, что влечёт за собой изменение основных социально-демографических характеристик рабочей силы. По прогнозам Росстата, за 2010-2020 годы численность трудоспособного населения в стране сократится почти на один миллион человек, т.е. будет сокращаться и приток молодежи с высшим образованием на рынок труда.

Россия испытывает потребность в молодых и перспективных кадрах. По статистике, основная группа работающего населения – это лица от 40 до 49 лет. А вот наименьшие показатели занятого населения приходятся на возрастную группу от 30 до 39 лет. Работоспособное население не только стареет, но и ухудшается здоровье трудовых ресурсов, увеличиваются периоды нетрудоспособности, снижаются качественные характеристики труда и способность к интенсивной и длительной работе.

В стране постоянно сохраняется низкий уровень безработицы, высокая занятость и очень гибкая заработная плата на протяжении всего периода, который был очень разный и в разные годы по-разному сложный.

Во время кризиса безработица не только увеличивалась, но и уменьшалась, достигнув к 2012 г минимальных 5,2%. Вторую половину 2012 года безработица держалась на уровне 5,1%, а во втором квартале 2013 составила 5,4% (без исключения сезонного фактора). Это являет собой довольно значительный контраст с показателями 2011-2009 годов: 6,5%, 7,3%, 8,2% соответственно. В 2013 году высокой остается молодежная безработица. Другая проблема – структурная безработица. При этом доля квалифицированных специалистов, для которых нет соответствующих рабочих мест, растет опережающими темпами.

Основная особенность современного рынка труда России – с изменением ВВП не происходит какого-либо значимого изменения в уровне занятости. Это значит, что подстройка рынка труда к макроэкономическим показателям осуществлялась через гибкую систему оплаты труда, связанную в первую очередь с рабочим временем. Массовых увольнений почти нет – ни в кризис, ни в хорошие времена. Но увольнений

всегда было больше, чем наймов, т.е. компании, подталкивая людей к увольнениям, могли постепенно адаптировать свою занятость.

Именно явление гибкости заработной платы, высокой занятости и неизменно низкого уровня безработицы в России в условиях кризиса есть наиболее очевидное отличие модели российского рынка труда от всех остальных моделей – англосаксонской, скандинавской.

Выделяют следующие особенности развития рынка труда в России:

- объем производства сократился в гораздо большей степени, чем численность занятых в экономике; существовавший и ранее на многих предприятиях избыток рабочей силы стал еще более очевиден;

- высокий уровень скрытой безработицы (неполный рабочий день, приостановка), которая, с одной стороны, является резервом расширения производства, а с другой – может стать фактором дестабилизации социальных отношений при ухудшении экономической конъюнктуры;

- переход части занятости в теневую экономику, что свидетельствует о серьезных ограничениях, препятствующих созданию рабочих мест в формальном секторе и перенаправляющих этот процесс в неформальный сектор. При этом расширенный подход к понятию неформальной занятости дает возможность утверждать, что ее общий уровень равен 24%, в том числе – 20,2% для наемных работников и 81,2% для самозанятых. Причины ухода в тень – недоверие государственным институтам и неполучение общественных благ, гарантированных в обмен на налоги;

- изменение распределения рабочей силы по секторам экономики – значительным потребителем рабочей силы стал частный сектор экономики. Относительно широкое распространение получила вторичная занятость, возникло немало рабочих мест, не требующих особой квалификации. При этом крупные промышленные предприятия сталкиваются с трудностями на пути поиска оптимальной численности работников и повышения эффективности их использования;

- сфера услуг стала преобладающей сферой общественного труда, в сельском хозяйстве, наоборот, происходит сильный отток рабочей силы;

- финансово-банковская, торгово-посредническая сфера, а также сферы государственного управления имеют уже сложившийся сегмент рынка труда, характеризующегося высоким уровнем монополизации, высокими требованиями к квалификации работников и высоким уровнем заработной платы. Занятым в традиционном бюджетном секторе проникнуть в эти сектора достаточно трудно;

- появление беженцев и вынужденных переселенцев, нуждающихся в трудоустройстве. Легальные трудовые мигранты занимают рабочие места, прежде всего в строительстве - около 55 % всей иностранной рабочей силы, промышленности - 9 %, сельском хозяйстве - 9 %;

- формирование придерживаемого типа занятости – рабочая сила не используется в производстве, но и не высвобождается в другие сферы;

- сокращение занятости в результате экономического кризиса 2008 года, как следствие – неполная занятость из-за простоев предприятий: 3,7 млн. человек (8,6% работающих) имеют неполный рабочий день/неделю, а 4,2 млн. человек (9,7%) находились в вынужденных отпусках;

- глубокая территориальная дифференциация занятости – до 10 раз различается уровень безработицы в экономически активных и депрессивных регионах;

- новая пенсионная система стимулирует гражданина дольше работать и сохранять свои отношения с работодателем, а рынок труда «выдавливает» пожилых на пенсию и благоприятствует теневой занятости.

- низкий уровень пособий по безработице. Размер пособия по безработице на 2010 год был установлен Постановлением Правительства РФ от 14.11.2009 № 926, и его минимальная величина составляет 850 рублей, а максимальная - 4900 рублей. На 01.01.2013 года величина пособия по безработице не изменена;

- существенные различия между общей численностью и официально регистрируемой численностью безработных. По данным Росстата, общая численность безработных, классифицируемых в соответствии с критериями МОТ, в январе 2013 года в 3,7 раза превысила численность безработных, зарегистрированных в службах занятости населения.

Уровень общей безработицы (отношение численности безработных к численности экономически активного населения) снизился с 6,6 % (в январе 2012 года) до 6,5 % (в январе 2013 года) от численности экономически активного населения. Самый низкий уровень общей безработицы отмечается в Центральном федеральном округе (3,8 %), самый высокий - в Северо-Кавказском федеральном округе (14,9 %). Коэффициент напряженности в целом по России за 2012 год снизился с 1,2 до 1 человека на одну вакансию. Уровень трудоустройства составил 51%.

Основные тенденции на рынке труда России в 2013 году следующие: российское образование не ориентируется на рынок труда; компании заинтересованы в «воспитании» собственных кадров; топ-менеджеры реже меняют работу; иностранные компании чаще пользуются услугами кадровых агентств, чем российские; более жесткий подбор сотрудников на позиции среднего и высшего звена с профессиональным тестированием в несколько этапов; завышенные ожидания кандидатов на рынке труда.

Рынок труда в России имеет ряд особенностей по сравнению с рынками труда других развитых государств:

- 1) российский рынок труда ещё не до конца сформирован;
- 2) в результате менталитета россиян, климатических особенностей и большой территории россияне не отличаются мобильностью;
- 3) официально в России низкий уровень безработицы, хотя она имеет теневые, а иногда скрытые формы, когда доход человека формально имеющего работу, реально не позволяет ему содержать себя и семью;

4) поведение предприятий приводит к тому, что состояние рынка труда не позволяет говорить о высокой эффективности. Желание правительства сохранить социальную стабильность ведёт к сохранению работы низкоэффективным работникам и серьезным проблемам с производительностью труда. Происходит резервирование рабочей силы;

5) очень низкий уровень оплаты труда, что приводит к низкой производительности труда. Минимальный размер оплаты труда вырос с 1 января 2013 года с 4611 рублей до 5205 рублей, т.е. почти на 13%, а прожиточный минимум в России в первом квартале 2013 года равнялся 6827 рублей. Соответственно, МРОТ с 1 января составил лишь 76% от стоимости минимального набора товаров и услуг. В результате до 40 % работающего населения получают заработную плату в размере ниже совокупного прожиточного минимума семьи;

6) низкая производительность труда, связанная с интересом работников не к самореализации, а к размеру заработной платы. Высокий заработок в России является основным мотивом старательной работы, что в свою очередь является следствием низкого уровня экономического развития страны и финансового положения работников;

7) повышение производительности труда, которая у нас менее 50% от среднего уровня стран ОЭСР, и рост инновационности экономики (лишь 9% предприятий внедряют технические инновации) требует определенных кадров. Разрыв между востребованными и имеющимися навыками растёт на каждом уровне системы образования, а выпускники ВУЗов не умеют решать проблемы, добиваться поставленной цели и работать с людьми.

Низкий порог заработной платы, слабая поддержка безработных - очень низкое пособие, а значит, потеряв работу или столкнувшись со снижением заработной платы, нельзя сказать: я пойду в безработные и буду получать невысокое пособие, на которое можно жить и искать достойную работу. Приходится выбирать: либо работать за сколь угодно малую зарплату, либо делать что-то полуформальное.

Следует добавить к этому списку работу в режиме неполного рабочего времени, неполную рабочую неделю, вторичную занятость, теневую оплату труда и занятость в неформальном секторе, задержки заработной платы, персонификацию отношений работодателя и работника и высокую оборачиваемость рабочей силы.

Главное отличие российского рынка труда – это наличие множества административных, правовых и экономических ограничений, препятствующих свободной продаже рабочей силы на наиболее выгодных условиях для работников. К таким ограничениям относят: монополию на многие товары и услуги, немалый дефицит некоторых товаров, инфляцию, слабую экономическую мотивацию движения рабочей силы и многие другие. К этому можно добавить отсутствие рынка жилья, низкий уровень

заработной платы, монополизацию производства, неразвитость социальной инфраструктуры во многих регионах страны, острый дефицит бюджета.

Рынок труда в России в значительной степени не сбалансирован: есть трудоизбыточные регионы и регионы с хронической нехваткой трудовых ресурсов; острая нехватка рабочих специалистов в определенных отраслях при скрытой безработице; высокая доля безработных среди лиц с высшим образованием, низкая трудовая мобильность женщин; страна обособлена от мирового рынка рабочей силы. Российский рынок труда, с учетом многих его характеристик, не может быть отнесен к числу развитых и цивилизованных, он сильно деформирован и функционирует с устойчивым нарушением таких стихийных регуляторов занятости, как: стоимость и цена рабочей силы, свобода перемещения труда и капитала, конкуренция.

Российский рынок труда пока не может быть назван и «напряженным». Усиление разбалансированности спроса и предложения рабочей силы – это показатель несоответствия качества и пропускной способности службы занятости оперативному обслуживанию нормального для рынка межотраслевого и территориального перелива рабочей силы.

Но сложившаяся модель рынка труда России оказалась для многих удобна. Она удобна для работников, потому что они боятся безработицы, они слабы против своего работодателя, у них нет перспектив на рынке труда, т.к. новые рабочие места не создаются, и они зачастую готовы платить снижением зарплаты за сохранение занятости.

Высокая занятость и низкая безработица выгодно для бюджета, люди не уходят в безработицу и сохраняют связь со своим рабочим местом, медленная адаптация даёт время, нет конфликтов в связи с высвобождением, существует политическая стабильность.

Но есть и политические минусы: это бедность среди работников, низкая заработная плата, неравенство, слабая социальная защита, неопределённость, высокие издержки поиска новой работы, с которыми сталкиваются люди, чрезмерная текучесть, в конце концов — неэффективное соединение работников с рабочими местами. За всем этим идут отрицательные стимулы к инвестициям в человеческий капитал, то есть в обучение и переобучение. Компании не хотят вкладывать в подготовку своих работников, если завтра люди могут уйти.

Формирование в России рынка труда диктует необходимость разработки политики занятости, учитывающей специфику, национальные особенности и менталитет населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Кризис и российский рынок труда] URL: <http://lirt.hse.ru/>.
2. Капелюшников Р. Гимпельсон В. [Лекции. Экономическая история России XX в] URL: http://lectures.gaidarfund.ru/system/attachments/170/lektsiya_gaydar_11_12_12.pdf

КОРПОРАТИВНЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В НАКОПЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ДЛЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Недоспасова О.П.

СТИ НИЯУ МИФИ

636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65

e-mail: nedospasova@ssti.ru

Объективная необходимость роста финансирования сферы высшего профессионального образования (ВПО) актуализирует задачу оптимизации структуры соответствующих источников, и по сути дела требует решения вопроса о том, кто и на каких условиях будет платить за все более дорогое высшее образование, причем с апелляцией не к спонсорам, а к инвесторам.

Представители различных экономических школ проявили редкое единодушие, признав 20-е столетие веком человеческого капитала. Учитывая инновационную направленность современной экономики эту характеристику с еще большим основанием можно отнести и к нынешнему 21 веку. Несмотря на мощную риторику последних лет о важности инвестиций в человеческий капитал, фактическое положение дел выглядит не столь радужно. Структура расходов бюджетной системы РФ свидетельствует о том, что расходы на силовой блок увеличиваются быстрее, чем на человеческий капитал.

ВПО как важнейшая для накопления человеческого капитала сфера, претерпевает в последние годы мощные преобразования, в том числе связанные с созданием сети национальных исследовательских университетов (НИУ). Это правительственное решение предполагает мощную финансовую и статусную поддержку избранных университетов по принципу «статус и деньги в обмен на выполнение обязательств», которые измеряются показателями эффективности деятельности университетов. К таким индикаторам относятся: успешность образовательной и результативность научной и инновационной деятельности, развитие кадрового потенциала, рост международного и национального признания, показатели финансовой устойчивости.

Создание НИУ предполагает, что за счет бюджетного финансирования на начальном этапе в них будут созданы инфраструктурные рамки (научное оборудование, технологии, переподготовка кадров, грантовые программы для ученых и преподавателей). Следующий этап будет происходить с опорой преимущественно на внебюджетные ресурсы. Это значит, что НИУ должны осваивать новые экономические механизмы привлечения внебюджетных ресурсов «на марше»: не только не останавливая, но и

качественно совершенствуя свою деятельность. Они заранее быть готовыми к негативным последствиям жесткой фиксации доли бюджетных средств, выделяемых на программу развития университета, быть готовыми к диверсификации источников финансирования.

Государственно-частное софинансирование сферы ВПО является одной из важнейших примет современной мировой практики. Их применимость к российской действительности обусловлена перспективами нашего вступления в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), о чем в очередной раз заявлено на последнем саммите АТЭС, где был озвучен 2014 год.

Однако в свете перечисленных тенденций ситуация в России в настоящее время весьма неоднозначна. С одной стороны, почти половина финансовых ресурсов в данной сфере у нас – частная (что укладывается в мировые тенденции). С другой стороны, финансирование ВПО из всех источников у нас не превышает 1,5% ВВП. И здесь Россия занимает одно из последних мест как среди стран, входящих в ОЭСР, так и среди присоединившихся к этой организации стран. Таким образом, для России как потенциально полноправного участника ОЭСР потребуется как минимум удвоения финансовых ресурсов в этой сфере. Кроме внешних вызовов к этому же решению нас подталкивают и внутренние, обусловленные повышением спроса на носителей высококачественного человеческого капитала в условиях инновационного развития промышленности, а также неизбежный рост ресурсоемкости данной сферы, обусловленный применением в ней новых промышленных, образовательных и информационно - коммуникационных технологий.

Современная практика показывает, что ориентация в финансировании ВПО исключительно на государственные ресурсы угрожает финансовой стабильности даже высокоразвитых стран, причем согласно мировым тенденциям для данной сферы характерно не расширение, а сокращение доли государственного участия (при сохранении достигнутых объемов) и прежде всего за счет расширения негосударственных вложений.

Эта идея не нова. Сфера образования на всех этапах своего развития нуждалась в богатом покровителе, и если сначала им была церковь, на смену ей затем пришло государство, а настоящее время усиливается влияние промышленности, которая не просто раньше всех ощутила на себе бюджетные ограничения в сфере ВПО, но и наращивает свои инвестиции в данную сферу, и уже получает на них дивиденды.

Корпоративные вложения в отечественное ВПО имеют крайне мало общего с главными принципами инвестирования: необходимостью распределения ограниченных ресурсов во времени, жертвовании сегодняшними благами ради будущих выгод, обеспечением условия тому, что понесенные затраты не только окупятся, но и вернутся с ощутимой выгодой. И это несмотря на то, что задача превращения образования в

инвестиционно-привлекательную сферу была сформулирована в российском законе об образовании еще в 1992 году, сохранилась в его новой редакции и отражена в национальной доктрине образования. Проблема во многом в том, что если с позиций государства инвестициями в данную сферу являются затраты на расширение и модернизацию сферы ВПО, то для бизнеса эта ситуация выглядит совсем иначе. Для этих субъектов инвестиции в сферу ВПО не имеют ничего общего с ростом затрат на ее содержание. Для частных инвесторов важнее иметь возможность оценить эффективность своих вложений в терминах денежных потоков, использовать привычные показатели чистого дохода и срока окупаемости инвестиций с учетом фактора времени.

Стремясь рассмотреть корпоративные инвестиции в человеческий капитал по аналогии с традиционным инвестиционным проектом, важно отметить, что полная аналогия здесь исключена.

Во-первых, люди в отличие от традиционных инвестиционных объектов, не покупаются, не продаются и не заменяются на новых, исключительно по желанию собственников компании.

Во-вторых, ценность человека для организации определяется не только масштабами связанных с ним инвестиций, но и его личной энергией, способностью учиться, а также врожденными качествами.

В-третьих, человеческий капитал компании занимает уникальное положение среди неосязаемых факторов производства. Он представляет собой активы, которые «каждый вечер уходят домой». Поэтому оценивать корпоративные инвестиции в человеческий капитал следует по тем активам, которые остаются в компании после ухода ее сотрудников.

Таким образом, выгоды от инвестиций в человеческий капитал для организации всегда менее определены, чем аналогичные характеристики физического капитала. Кроме того, что стоимостной оценке здесь поддается лишь часть отдачи, ее распределение между различными бенефициарами сопряжено с методологическими проблемами. Также важно учитывать множественные пересечения отдельных компонентов интеллектуального капитала организации. Благодаря им результаты корпоративного инвестирования проявляются не только в том компоненте, на развитие которого были нацелены, но и транслируются на смежные группы, приводят к росту интеллектуального капитала организации в целом.

Сказанное предопределило поиск особого формата для оценки эффективности корпоративных инвестиций в накопление человеческого капитала. Взвешивая достоинства и недостатки множества методик, в итоге был выбран метод Дэвида Нортон и Роберта Каплана, известный как сбалансированная система показателей. Его авторы подчеркивают, что стратегические карты сбалансированной системы должны быть построены на причинно-следственных связях. В данном случае эти связи показывают,

как инвестиции в человеческий капитал компании трансформируются в ее результаты. Предлагаемая сбалансированная система показателей задумана как схема перевода общей стратегии инвестирования в человеческий капитал в термины измерений и оценок по отдельным секциям: финансы, ключевые компетенции, инновационное развитие и государственно-частное инвестиционное партнерство. Она сочетает как «жесткие», поддающиеся финансовому измерению и учету результаты корпоративных вложений, так и «мягкие», нефинансовые показатели, отражающие возможности будущего роста. В основу расчета предлагаемых показателей был положен методологический подход известного специалиста в сфере количественной оценки инвестиций в персонал Яка Фитц-енца. Именно ему принадлежит идея о том, что при рассмотрении финансовых аспектов корпоративного человеческого капитала необходимо отказаться от традиционного показателя прибыли в расчете на одного работника. Для измерений и оценок корпоративных выгод от инвестиций в накопление человеческого капитала в терминах, характерных для инвестиционных рынков, предложена система специальных финансовых показателей, основанных на авторском понятии «корпоративная добавленная стоимость человеческого капитала». Обоснована целесообразность применения специальных показателей (накопленная корпоративная добавленная стоимость человеческого капитала, индекс прибыльности и дисконтированный срок окупаемости корпоративных инвестиций в человеческий капитал) для оценки экономической эффективности и срока окупаемости корпоративных инвестиций такого рода с учетом фактора времени. Предложенная методика была опробована на ОАО «СХК» и показала экономическую эффективность корпоративных вложений в накопление человеческого капитала.

Взгляд на результаты корпоративных инвестиций с четырех различных точек зрения, отслеживание и оценка динамики изменений в каждом из выбранных направлений, позволяет обосновать долю вложений компании в сферу ВПО как инвестиций, пропорциональных присваиваемым выгодам. Также важно отметить, что корректное определение ренты, генерируемой корпоративными инвестициями в человеческий капитал позволит компании более четко сфокусировать свои усилия на достижении амбициозных долгосрочных целей в области инновационного развития. В качестве рекомендаций можно предложить использовать Программу создания и развития НИЯУ МИФИ как тестовый инструмент корпоративного инвестирования в накопление человеческого капитала для инновационного развития атомной промышленности.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ МИКРОСРЕДЫ НА ВЫБОР ПРОФЕССИИ

Ретунская Т.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

К факторам микросреды, опосредованно и непосредственно воздействующим на процесс выбора профессии, относят семью. В своей работе мы исходили из предположения, что социально- психологическими характеристиками, детерминирующими выбор профессии, являются социально- экономический статус родителей, система семейных ценностей.

В ходе эмпирического исследования в качестве компонентов социально-экономического статуса родителей, определяющих выбор профессии студентами технических и гуманитарных специальностей СТИ НИЯУ МИФИ, рассматривались образовательно-профессиональный статус родителей и его субъективное восприятие родителями и детьми.

Прежде всего, нами были проанализированы данные, полученные из ответов на вопросы анкеты, об уровне образования родителей. Уровень образования родителей респондентов, выбравших технические специальности: 52% от общего числа испытуемых - оба родителя имеют высшее образование, 36% -высшее образование у одного из родителей.

Уровень образования родителей респондентов, выбравших гуманитарную специальность: 42% от общего числа испытуемых - оба родителя имеют высшее образование, 30% -высшее образование у одного из родителей.

Рассмотрев профессиональную принадлежность родителей на основе анализа анкет и методики «Незаконченные предложения», нами было подсчитано, что у юношей-первокурсников в 22% случаев профессия отца совпадает или является схожей с избранной респондентом профессией, а в 72% случаев совпадает по технической направленности. Соответственно, у девушек-первокурсниц совпадение с профессией отца составляет 21%, а техническая направленность профессии отца выявлена в 54% случаев. При этом гуманитарная направленность профессии отца отмечена в 2% случаев у юношей и в 7% у девушек.

Что касается профессиональной принадлежности матери, то у юношей процент совпадения с ее профессией — 14%, а техническая

специальность матери отмечена в 38% случаев, у девушек эти показатели соответственно 11% и 34%. Гуманитарные специальности матери у девушек отмечены в 22% случаев, у юношей - в 32%.

Анализ анкет, контент-анализ текстов студентов позволил выяснить процент респондентов, которые считают совет родителей или других родственников значимым для себя в процессе выбора профессии. Совет родителей как значимый для себя при выборе профессии отмечают 19,6% юношей и 36% девушек, при этом подчеркнули, что это был именно совет отца (или настояние отца) соответственно 52,4% и 58,2% от числа студентов, для которых совет родителей имел значение. Лишь 2,9% из студентов-первокурсников отметили влияние советов матери на выбор профессии, причем половина при условии, что они отрицают наличие фигуры отца (ответом на все вопросы, касающиеся отца, является прочерк). Среди девушек, выбравших техническую профессию, указывался как значимый совет матери в 3,9% ответов.

Советы других родственников соответственно составили 15% и 20%. Причем среди перечисленных встречаются практически все имеющиеся родственники, при этом предпочтения по полу не выявлено (упоминаются как братья, так и сестры, как дяди, так и тети и т.д.), однако все респонденты отмечают принадлежность упоминаемых родственников к избранной профессии.

Эти данные подтверждаются и при ранжировании причин для поступления, где причина «совет родителей» занимает 3 ранг, «по настоянию отца» - 13 ранг, «по настоянию матери» - 17 ранг. Для студентов четвертого курса доля советов родителей в оценке студентов снижается по сравнению с другими причинами, которыми они мотивируют свой выбор. Но если у юношей это снижение незначительно - 16%, то у девушек происходит значительное уменьшение оценки значимости совета родителей - 17,8%. Советы других родственников практически не теряют своей значимости по оценке первокурсников.

Советы родителей, как и знакомых, друзей, учителей, не оказывают значительного влияния на выбор профессии, а к пятому курсу прослеживается тенденция к снижению данного мотива. Таким образом, можно сделать вывод о том, что или студенты в течение нескольких лет обучения переосмысливают причины, побудившие их к данному выбору, или учащиеся, руководствовавшиеся при выборе в основном советом родителей, отчисляются из вуза чаще, чем те, кто делал более самостоятельный и осознанный выбор.

Проанализировав анкеты и тексты студентов-первокурсников, выбравших технические специальности, можно утверждать, что только 3,8% респондентов принимают во внимание при выборе профессии сведения о семейной династии (то есть принадлежности к одной профессиональной группе хотя бы трех поколений семьи).

Методика «Незаконченные предложения» содержит несколько блоков, дающих представление об отношении респондентов к родительской семье, к родителям, к их профессиональной деятельности. Мы попытались выяснить, есть ли корреляционные зависимости между этими представлениями и предрасположенностью к каким-либо типам профессий, то есть, может ли влиять родительская семья в восприятии респондента на его профессиональные предпочтения. Проведенный корреляционный анализ выявил взаимосвязи в женской выборке:

- а) положительную - между отношением к отцу и типом профессии «человек-техника»;
- б) отрицательную - между отношением к работе матери и типом профессии «человек-техника».

Проведенный корреляционный анализ практически не выявил взаимосвязи между драйверным поведением и предрасположенностью к техническому типу профессий в женской выборке.

В мужской выборке между отношениями к семье, родителям, их профессии, а также драйверным поведением и предрасположенностью к каким-либо типам профессий, другим видам деятельности выявлены следующие корреляционные зависимости:

- а) положительная - между отношением к семье и к учебе;
- б) положительная - между драйвером «Радуй других» и типом профессии «человек-человек», в нашем случае - «социальная работа»

Корреляционный анализ показателей по различным методикам и опроснику «Интроецированный образ родителей» выявил следующие взаимосвязи:

- а) положительную между блоками «поддержка, одобрение» и «изоляция, уход» в образе отца и драйвером «Радуй других» в мужской выборке;
- б) отрицательную между блоком «поддержка, одобрение» в образе отца и фактором L (доверчивость-подозрительность), между блоком «изоляция, уход» в образе отца и фактором I (жесткость-чувствительность) в мужской выборке;

в) положительную между блоком «изоляция, уход» в образе отца и фактором М (практичность — развитое воображение) 16-факторного опросника в женской выборке;

г) отрицательную между блоком «поддержка, одобрение» в образе отца и типом профессии «человек-человек», между блоками «изоляция, уход», «контроль, запрещение» в образе матери и фактором N (прямолинейность - дипломатичность) 16-факторного опросника, блоком «поддержка, одобрение» в образе матери и шкалой нейротизма в женской выборке.

При сравнительном анализе данных студентов-первокурсников и студентов-четверокурсников не выявлено значимых различий по драйверному опроснику, в методике «Незаконченные предложения» значимые различия получены лишь по переменной «отношение к отцу» в мужской выборке. Анализ средних показывает, что положительное отношение к отцу у четверокурсников значительно превышает показатели, полученные в группе первокурсников.

Таким образом, мы можем сделать вывод о значительном влиянии родительской семьи при выборе профессии: социально-экономический статус родителей, система семейных ценностей. Статистический анализ данных показал, что помимо осознанных факторов, на профессиональный выбор оказывает влияние образ и матери, и отца, и отношение к ним - поддерживающий, одобряющий образ родителей. Также профессиональный выбор и личностные качества респондентов зависят от сценарных посланий родителей, которые выражаются в драйверном поведении (наибольшее количество взаимосвязей образует драйвер «Радуй других»).

КАК МИКРОЭКОНОМИКА ПОМОГАЕТ ПОНЯТЬ УСТРОЙСТВО МИРА

Смирнова Т.Л.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,

Микроэкономика в системе экономических знаний занимает центральное место, обладая богатым накопленным опытом эконометрического моделирования, эмпирических оценок и глубокого теоретического анализа. Микроэкономика рассматривает окружающий мир через системную парадигму экономической рациональности, которая развивается в направлении от классической к постклассической. Через экономические интересы, стимулы, варианты альтернативного выбора индивида анализируется процесс принятия экономического решения и меняющаяся модель поведения субъектов рынка в условиях асимметричной информации. Микроэкономика позволяет осуществлять формализацию процессов регулирования экономического поведения с учетом прогнозирования негативных последствий, наступающих в результате принятия согласованных и несогласованных экономических решений. Ценовые механизмы рынка являются сигнальной системой, характеризуя общественную значимость разных продуктов для субъектов рынка. Взаимодействие покупателя и продавца в результате обмена информацией, характеризует выбранные разные модели экономического поведения, наиболее предпочтительные с их точки зрения в системе доминирующей стратегии на рынке.

Современные модели исследования микроэкономического поведения субъектов на рынке демонстрируют сложившуюся традицию научного экономического анализа на основе базовых предпосылок. Экономическое поведение субъектов рынка обезличивается и упрощается для достижения определенного уровня научного обобщения, но не теряет основные характеристики форм реальности и соответствует базовым принципам хозяйственной деятельности. Микроэкономическая модель отражает кругооборот хозяйственной деятельности и участие в ней разных субъектов, позволяя определить целеполагание, максимизацию результатов от экономической деятельности и полезность при выбранной целевой функции. Такая модель отображает, как индивид уходит от ситуации неполноты информации для принятия экономического решения, как осуществляется оценка альтернативных вариантов на основе транзакционных издержек.

Теоретический анализ на основе микроэкономической модели позволяет проводить оценку закономерностей функционирования структуры рынков, динамику концентрации бизнеса, изменение вкусов и предпочтений покупателей, последствия налогового и ценового регулирования на товарном, ресурсном рынках. Микроэкономическая модель раскрывает последствия форм социального взаимодействия покупателя и продавца, работника и работодателя, мелкого, среднего и крупного бизнеса в системе выбранных типов контрактов и соглашений. Оценка выигрыша участвующих в экономическом обмене при заключении сделок на рынке обеспечивается анализом прироста транзакционных издержек, отражая возможность совпадения интересов.

В микроэкономике существуют теории, объясняющие субъективный характер экономической деятельности через объективные законы развития, анализируя эффективность использования редких и ограниченных ресурсов. Виды конкуренции формируют направления эволюции хозяйственной деятельности субъектов рынка, выполняя специфическую функцию, способствуя более полному удовлетворению личных и коллективных потребностей. Антагонистический характер интересов субъектов рынка, стремящихся к личной независимости, обостряет конкурентные процессы. Психологические мотивы поведения субъектов на рынке отражают некую тенденцию максимизирующего поведения, стремление к увеличению дохода и к получению высокого уровня удовольствия. Микроэкономический анализ доказывает, что существует множество неоднородных факторов, влияющих на экономическое поведение субъектов рынка, которые имеют вероятностный характер, влияя на принятие экономического решения, но алгоритм выбора альтернативного варианта на определенном отрезке времени устойчив.

Микроэкономические модели формируются на основе двух типов методов исследования: общих и частных, которые характеризуют тип взаимодействия субъектов на рынке. Универсальность микроэкономических моделей позволяет их использовать в междисциплинарных исследованиях для объяснения общественных явлений (выбор более высокого уровня удовольствия в результате курения и алкоголизма, дискриминацию при найме работников, демографическое поведение индивидов, преступления, выбор профессии, создание семьи, развитие здравоохранения и образования, анализировать экономическое неравенство профессиональных групп).

Сформировавшаяся в XX веке тенденция объяснения форм общественной жизни с помощью микроэкономических инструментов получила название экономического империализма (основоположником

которого считается Г. Беккер) [1]. Он утверждал, что мотивы и желания можно анализировать как элементы функционирующего товарного рынка. Расширение сферы применения микроэкономических моделей и анализа социальных процессов позволило более глубоко исследовать инвестиционные аспекты в экономической деятельности хозяйствующих субъектов. Центральным понятием в таких микроэкономических моделях является внутренняя норма отдачи. Работы Дж. Минцера позволили расширить направления применения инструментов микроэкономического анализа для оценки взаимосвязи уровня заработной платы и уровня образования работника, дифференциации уровней доходов профессиональных групп [5].

Другим важным направлением эволюции микроэкономического анализа являются теории координации фирм, участвующих в кооперативном и некооперативном поведении, изменении структуры прав собственности. Информация не является бесплатной и доступной для фирм, что становится одной из причин эволюции структуры рынка. Специфичность активов фирмы определяет характер трансакций на рынке и многосторонних контрактов, права собственности на информацию максимизируют прибыль фирмы. Микроэкономические модели исследования организации позволяют упорядочить правила индивидуального экономического поведения, выявить возможности достижения компромиссов. Двусторонние договоры формируются на основе централизованных и децентрализованных решений, облегчая координацию на рынке (работников и работодателей) и снижают трансакционные издержки. Фирмы могут иметь разные поведенческие стратегии на рынке, а прибыль не всегда является главной целью хозяйственной деятельности. Микроэкономический анализ организационного поведения фирм на рынке строится на осмыслении контроля над ресурсами, оценке изменения благосостояния субъектов рынка, изменении потоков денежных и неденежных доходов.

По мнению современных исследователей (С.Н. Булгаков, Д. Канеман), теоретическая модель «экономического человека», предложенная А. Смитом, И. Бентаном, устарела и подвергается всесторонней критике из-за доминирующего эгоизма в стратегии поведения и мотивов материальной выгоды [2,3, 4]. Такая теоретическая антропология не учитывает аспекты альтруистического экономического поведения, получившего распространение в последние годы. Любая экономическая модель анализа является результатом мировоззренческих традиций исследователей, формирует механизм оценки эффективности использования ресурсов, поиска согласования экономических интересов и ценностей. М. Блауг заметил, что игнорирование нормативно-ценностного уровня в

экономических теориях приводит к снижению эффективности, ограниченности и противоречиям использования инструментов микроэкономического анализа. Таким образом, эволюция развития микроэкономического анализа характеризует возрастающий интерес к поведенческим аспектам субъектов рынка, саморегуляции рыночных структур. Расширение сферы исследования реальной хозяйственной практики возможно за счет совершенствования аналитического инструментария микроэкономики, усложнения экономико-математических методов анализа субъектов рынка и развития междисциплинарных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беккер Г.С. Человеческое поведение: экономический подход / Г.С. Беккер; пер с англ., науч. ред. Р.И. Капелюшникова. – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 670с.
2. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе / М. Блауг. – М.: Академия народного хозяйства, 1994. – 687с.
3. Булгаков С.Н. Философия хозяйства. Трагедия философии / С.Н. Булгаков; вступительная статья, составление, подготовка текста и примечания С.С. Хоружего. – М.: Наука, 1993. – 603с.
4. Канеман Д. Принятие решений в неопределенности: правила и предубеждения / Д. Канеман, П. Словик, А. Тверски. – Харьков: Институт прикладной психологии Гуманитарный центр, 2005. – 632с.
5. Teixeira P.N. [A reluctant founding father: Placing Jacob Mincer in the history of \(labor\) economics](#) // European Journal of the History of Economic Thought. – 2011. – Dec., Vol. 18., Issue 5. – p. 673-695.

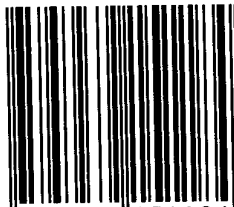
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сборник статей

Научный редактор: доктор физико-математических наук, профессор
М.Д. Носков

Компьютерное макетирование:
С.А. Кораблева

ISBN 978-5-93915-118-4



9 785939 151184

Подписано к печати 20.09.2013.
Формат 60x84/16. Бумага ксероксная.
Печать RISO. Усл. печ. л. 12,8. Уч.- изд. л. 6,4.
Тираж 80 экз. Заказ № _____. Цена свободная.
Изд. СТИ НИЯУ МИФИ. Лицензия _____
636036, г. Северск, пр. Коммунистический, 65.
Отпечатано в СТИ НИЯУ МИФИ.

