

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,
посвященный 70-летию НИЯУ МИФИ

Северск 2012

УДК 338+371+661

Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности:
Сборник статей, посвященный 70-летию НИЯУ МИФИ. – Северск: Изд.
СТИ НИЯУ МИФИ, 2012. – 166с.

ISBN 978-5-93915-116-0

В сборнике статей, подготовленном по материалам Отраслевой научно-технической конференции «Технология и автоматизация атомной энергетики и промышленности» ТААЭП-2012, 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 978-5-93915-116-0

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<i>Аврамчик А.Н., Максимов Ю.М., Голобоков Н.Н., Дедов Н.В.</i>	
Горение кальция в азоте.....	6
<i>Дамм Ю.П., Софронов В.Л., Соловьев А.И., Каляндирова В.В.</i>	
Исследование и совершенствование технологии производства фтора	10
<i>Догаев В.В., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н., Макасеев А.Ю.</i>	
Технология переработки шлифотходов производства постоянных магнитов Nd-Fe-B	14
<i>Буйновский А.С., Софронов В.Л., Обходская Е.В., Сачков В.И.</i>	
Получение нанокристаллического диоксида церия плазмохимическим методом.....	18
<i>Русаков И.Ю., Астащенко Ю.О.</i>	
Использование паров криогенных жидкостей в десублимационных процессах	23
<i>Сидоров Е.В., Софронов В.Л., Галата А.А., Портнягина Э.О., Атякиев А.А.</i>	
Восстановление U_3O_8 водородом и катодным газом в статических и динамических условиях	27
<i>Сидоров Е.В., Софронов В.Л., Галата А.А., Портнягина Э.О., Атякиев А.А., Ануфриева А.В.</i>	
Гидрофторирование оксидов урана безводным фтороводородом	32
<i>Софронов В.Л., Шамин В.И., Чежуяков С.А., Ануфриева А.В.</i>	
Центробежные экстрактора в аффинаже растворов уранилнитрата	37
<i>Федин А.С., Чичев А.К., Ожерельев О.А.</i>	
Совершенствование оборудования для сублимации гексафторосиликата аммония	41
<i>Шевелёв А.М., Круглов С.Н., Соковиков С.А., Жиганов А.Н.</i>	
Способ разделения суспензии	46

Раздел ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<i>Бузимов С.Ю., Кеслер А.Г., Носков М.Д.</i>	
Влияние распределения коэффициента фильтрации на показатели работы эксплуатационной ячейки при подземном выщелачивании урана	50
<i>Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д.</i>	
Метод оценки прогнозных запасов урана по данным эксплуатации геотехнологических блоков	55
<i>Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Носков М.Д.</i>	
Влияние дебитов технологических скважин на геотехнологические	

показатели отработки блоков методом СПВ	59
<i>Жиганов А.Н., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Носков М.Д.</i>	
Влияние содержания кислоты в выщелачивающих растворах на геотехнологические показатели отработки блоков методом СПВ.....	63
<i>Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Носков М.Д.</i>	
Влияние расстояния между скважинами на геотехнологические показатели отработки блоков методом СПВ	67
<i>Коновальцов М.И., Кеслер А.Г., Носков М.Д.</i>	
Влияние распределения продуктивности на показатели отработки эксплуатационной ячейки при подземном выщелачивании урана	71
<i>Коновальцов М.И., Кеслер А.Г., Носков М.Д.</i>	
Влияние распределения проницаемости на показатели отработки эксплуатационной ячейки при подземном выщелачивании урана	75
<i>Носков М.Д., Гуцул М.В., Кеслер А.Г., Носкова С.Н.</i>	
Методика применения геотехнологического моделирования для повышения эффективности добычи урана методом подземного выщелачивания	79
<i>Федин А.С., Чичев А.К., Ожерельев О.А.</i>	
Математическое моделирование сублимации очищенного гексафторосиликата аммония.....	83

Раздел МАШИНЫ И АППАРАТЫ ЯДЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Васильков И.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.</i>	
Получение металлического порошка и гранул уран-молибденового сплава для дисперсионных твэлов центробежным распылением расплава	89
<i>Васильков И.В., Пищулин В.П.</i>	
Технология регенерации ядерного топлива из дисперсионных тепловыделяющих элементов исследовательских реакторов	92
<i>Васильков И.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.</i>	
Разработка технологии извлечения гранул из сплава U-9 % Мо в производстве дисперсионных ТВЭЛов.....	96
<i>Васильков И.В., Пищулин В.П.</i>	
Ядерное топливо в производстве дисперсионных ТВЭЛов	101
<i>Каратаева Е.Е., Пищулин В.П.</i>	
Усовершенствованная технология получения крупнокристаллических осадков полиуранатов аммония	105
<i>Кладиев С.Н., Колодников И.А., Максимов И.А., Пищулин В.П.</i>	
Модернизация установки переработки отработанного ядерного топлива	109
<i>Пащинский А.В., Пищулин В.П., Хлебус К.А.</i>	
Оптимизация подготовки уран содержащего сырья к экстракционной	

очистке	114
<i>Сваровский А.Я., Пицулин В.П., Макаров Ф.В., Скоромкина А.Н., Шарифулин С.А.</i>	
Метод очистки радиоактивно-загрязненных вод динамической сорбцией в условиях гидродинамической кавитации	118
<i>Пицулин В.П., Чернощук А.А.</i>	
Разработка технологического процесса получения порошков диоксида урана.....	124

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

<i>Архипова М.И., Михеенко С.Н.</i>	
Инновационное развитие Томской области	127
<i>Борисова Т.А., Михеенко С.Н.</i>	
Формирование эффективного инновационного партнерства государства, науки и бизнеса в России и Томской области	132
<i>Журавель М.А.</i>	
Методы социально-педагогического сопровождения дезадаптированных подростков в процессе их профессионального становления	136
<i>Кирсанова Е.С.</i>	
Этапы интеллектуальной биографии О.И.Кирсанова, ученого и педагога.....	140
<i>Мамаева Т.Е., Михеенко С.Н.</i>	
Реформирование пенсионной системы России	146
<i>Михеенко С.Н., Борисова Т.А.</i>	
Система подготовки кадров в атомной отрасли	151
<i>Михеенко С.Н., Полещук Ю.П.</i>	
Государственная поддержка атомной отрасли	154
<i>Логвина Н.А., Михеенко С.Н.</i>	
Решение проблем гендерной асимметрии на рынке труда ЗАТО Северск	157
<i>Полещук Ю.П., Михеенко С.Н.</i>	
Государственная поддержка атомной отрасли	161
<i>Уварова Ю.Н., Михеенко С.Н.</i>	
Механизмы государственной поддержки малого бизнеса в Томской области.....	164

**Раздел ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ****ГОРЕНИЕ КАЛЬЦИЯ В АЗОТЕ****Аврамчик А.Н., Максимов Ю.М., Голобоков Н.Н., Дедов Н.В.**Томский научный центр СО РАН, Отдел структурной макрокинетики,
634021, г.Томск, пр.Академический, 10/4,
e-mail: aleck@dsm.tsc.ru; maks@fisman.tomsk.ru

Проведен термодинамический расчет адиабатических температур ($T_{ад}$) и состава продуктов взаимодействия в системе $Ca + N_2$ в зависимости от давления азота и количества введенной добавки нитрида Ca_3N_2 . Показано, что $T_{ад}$ ограничена диссоциацией нитрида кальция. Рост давления, подавляя диссоциацию, повышает расчетную температуру. Экспериментально изучены зависимости скорости горения и усвоения азота кальцием от давления N_2 и формы исходного кальция (стружка, гранулы). Установлено, что стружка кальция является более активным исходным компонентом, чем гранулы. Конечный продукт формируется в виде слитка при давлении азота не менее 4 МПа при сжигании стружки, и 6 МПа – при сжигании гранул кальция.

Кальций как восстановитель широко используется в технологии получения металлов для атомной техники, РЗЭ и переходных металлов с высоким сродством к кислороду. Нитрид кальция – типичная соль с ионным типом связи [1]. Имеются литературные данные о возможности применения нитрида кальция в качестве нитридирующей добавки, которая одновременно выполняет роль восстановителя. В этом качестве Ca_3N_2 представляет интерес для синтеза тугоплавких нитридов и может быть использован в химической технологии производства нитридного ядерного топлива. Высокая теплота образования Ca_3N_2 из элементов (431,8 кДж/моль) позволяет получать его методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Цель работы – получение Ca_3N_2 СВС-методом, определение зависимости скорости горения и усвоения азота от давления N_2 и формы исходного кальция (стружка, гранулы).

Предварительно были выполнены термодинамические расчеты адиабатической температуры горения ($T_{ад}$) и состава продуктов синтеза при $T_{ад}$. Для расчётов использовали программу ТЕРРА [2].

Эксперименты проведены в толстостенном химическом реакторе (рис. 1), известном как «бомба постоянного давления Б150» [3]. Его конструкция позволяет изучать процессы горения при давлении газовой среды до $P = 15$ МПа. Исходные компоненты – газ азот ГОСТ 9293-74 и кальций металлический ТУ 95-824-88. Стружка кальция прессовалась в цилиндрические образцы $\varnothing 20$, $h = 28 \div 35$ мм до относительной плотности 51-59%, гранулы – до относительной плотности 77-84%. Степень

азотирования (η) рассчитывалась по привесу образцов после сгорания. Состав фаз определяли на дифрактометре ДРОН-УМ1, излучение $\text{Co K}\alpha$.

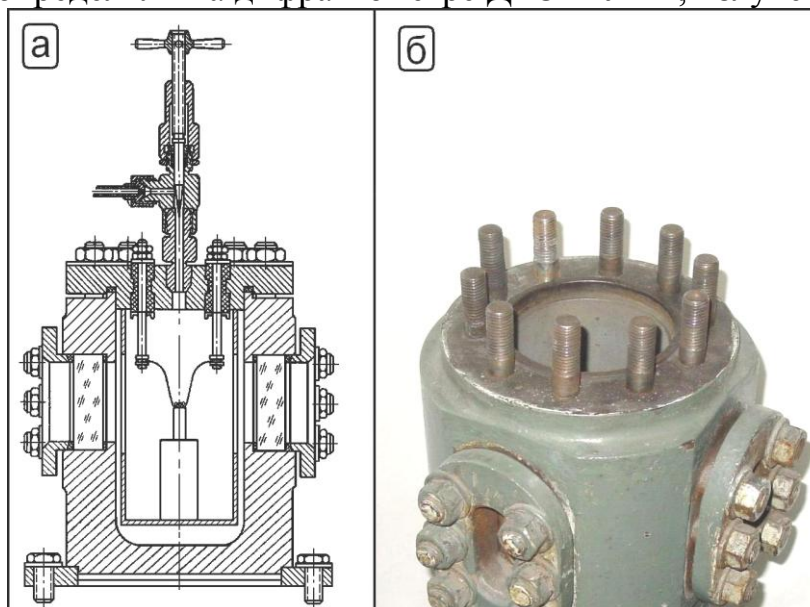


Рис. 1. Бомба постоянного давления Б150:

а) – вид установки в разрезе; б) – фотография фрагмента корпуса.

Из практики работы известно, что, реализовать процесс СВС можно, как правило, если $T_{\text{ад}} > 2000 \text{ K}$. Расчеты показали, что $T_{\text{ад}}$ горения Ca в N_2 ограничена температурой диссоциации Ca_3N_2 на элементы и превышает 2000 K при $P \geq 0,3 \text{ МПа}$. Повышение давления подавляет диссоциацию, что приводит к росту $T_{\text{ад}}$. Введение конечного продукта снижает термичность процесса, что также уменьшает диссоциацию Ca_3N_2 . При этом $T_{\text{ад}}$ остается выше 2000 K вплоть до степени разбавления 40% (рис. 2).

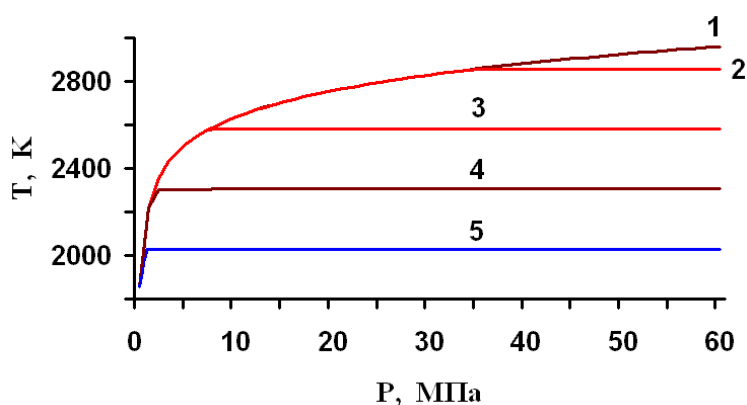


Рис. 2. Расчётная $T_{\text{ад}}$ горения составов $(1-x)(3\text{Ca}+\text{N}_2)+x\text{Ca}_3\text{N}_2$ в зависимости от давления: 1 – $x = 0$; 2 – $x = 0,1$; 3 – $x = 0,2$; 4 – $x = 0,3$; 5 – $x = 0,4$.

Экспериментально установлено, что стружка кальция является более активным исходным компонентом, чем гранулы. Устойчивое горение стружки кальция в азоте начинается при давлении $P \geq 0,5 \text{ МПа}$, в то время как для гранул необходимо давление $P \geq 3 \text{ МПа}$. Рост скорости горения

при росте давления хорошо коррелирует с увеличением степени азотирования (рис. 3).

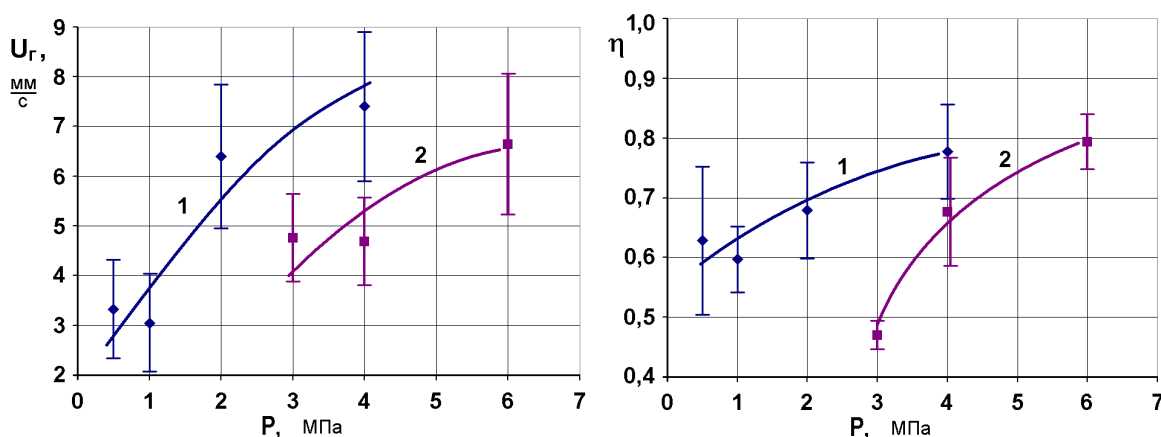


Рис. 3. Средняя скорость горения (U) и степень азотирования (η) при горении Ca в N_2 ; 1 – стружка; 2 – гранулы кальция.

Температура плавления Ca_3N_2 равна 1468 К [4]. Установлено, что при давлении азота менее 3 МПа конечный продукт в виде слитка не формируется, что указывает на недостаточно высокую температуру горения в этих условиях. Причиной невысокой T_{Γ} является неполная степень азотирования при указанных давлениях и теплотери. Хорошо сформированный в процессе СВС слиток продукта получен при давлениях $P \geq 4$ МПа для стружки и $P \geq 6$ МПа для гранул кальция.

Вопрос о скорости протекания процесса гидролиза Ca_3N_2 на воздухе представляет практический интерес. Экспериментальные данные по изменению фазового состава порошка полученного продукта от времени приведены на рисунке 4.

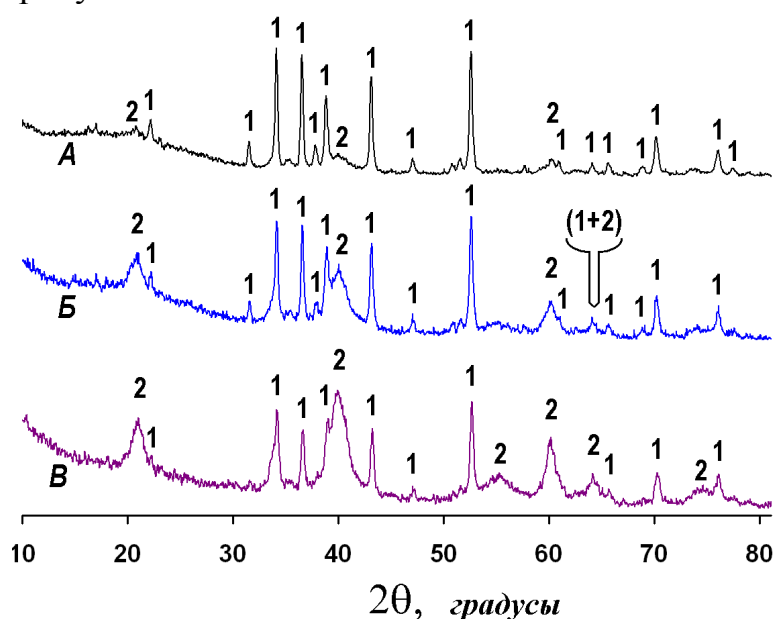


Рис. 4. Фрагменты рентгенограмм продукта сгорания Ca в N_2 . Съёмки после синтеза: А - через 5 минут, Б - через 1 час, В - через 2 часа. Рефлексы: 1 - Ca_3N_2 , 2 - $Ca(OH)_2$.

Из приведенных данных следует, что контакт полученного продукта с воздухом должен быть исключён. Учитывая высокую скорость процесса взаимодействия Ca_3N_2 с атмосферной влагой, работы с ним следует проводить в сухих перчаточных боксах.

Выводы

1. Сжиганием в азоте металлического кальция получен Ca_3N_2 как из стружки, так и из гранул кальция.
2. Устойчивое горение стружки кальция в азоте начинается при давлении $P_{\text{N}_2} \geq 0,5$ МПа, в то время как для гранул необходимо давление азота $P_{\text{N}_2} \geq 3$ МПа.
3. Слиток продукта формируется при давлении $P_{\text{N}_2} \geq 4$ МПа при сжигании стружки кальция, и $P_{\text{N}_2} \geq 6$ МПа при сжигании гранул, при этом степень азотирования составляет около 80%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В. Нитриды. Киев: Наукова думка, 1969. 378 с.
2. Трусов Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах // III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия». Алматы: Изд-во Казахского национального ун-та, 2005. С 52-57.
3. Бахман Н.Н., Беляев А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. М.: Наука, 1967. 227 с.
4. Новый справочник химика и технолога. Основные свойства неорганических, органических и элементоорганических соединений. СПб.: АНО НПО «Мир и Семья», 2002. 1280 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА

Дамм Ю.П., Софронов В.Л., Соловьев А.И., Каляндирова В.В.

«Северский технологический институт» НИЯУ МИФИ, 636036, Россия, Томская обл,
г.Северск, пр.Коммунистический,65, e-mail:sofronov@ssti.ru

В статье рассмотрены технологии производства фтора. Исследованы параметры работы среднетемпературных электролизеров с различными конструкциями анодных пластин. Установлено, что использование профилированных анодов увеличивает межремонтный пробег на 30%.

На энергоёмкость процесса электролитического получения фтора, непроизводительные потери ценного реагента, фтороводорода, и содержание в получаемом фторе посторонних газообразных примесей в виде химических соединений фтора, водорода, кислорода и азота большое влияние оказывают нестабильность напряжения электролиза, температура электролита и концентрация в нём фтороводорода [1,2].

Стабильность названных параметров зависит от многих факторов, таких как токовые нагрузки, расход охлаждающей воды, проходящей через электролизёр и ряда других, в том числе зависящих от индивидуальных особенностей каждого электролизёра (рис 1).

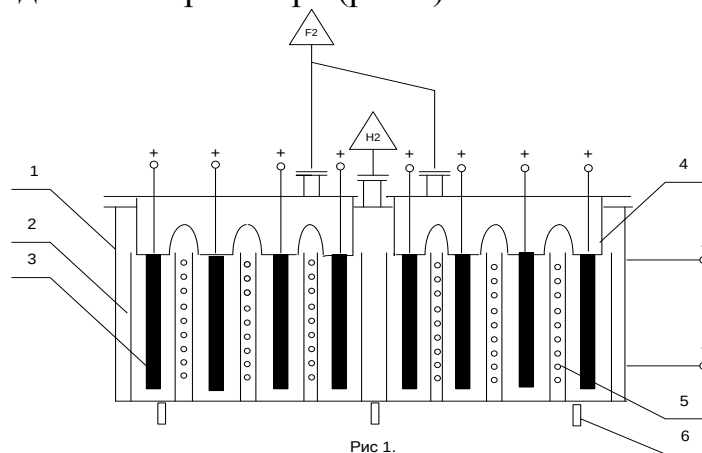


Рис 1.

Рис. 1 - Электролизер

1 – корпус электролизера; 2 - жалюзийный катод; 3 – анод; 4 – газоразделительный колокол; 5 – теплообменник; 6 – изоляторы

Большое влияние на параметры электролиза оказывает также качество сборки анодов, зависящее от пористости и прочностных характеристик анодных пластин и контактного сопротивления на стыке токоподводящих штоков и пластин, в которые они ввинчиваются.

Проведенные ранее исследования показали возможность повышения производительности электролизёров за счёт увеличения площади поверхности их анодов. Такие аноды называли профилированными. В

литературе предлагается целый ряд способов обеспечения улучшения контакта токоподвод-анод:

- электрод с закреплённым на нём токоподводящим узлом, между которыми нанесено никелевое покрытие, обеспечивающее электрический контакт между токоподводящим узлом и поверхностью электрода [3];
- обмеднение шейки анода [4];
- нанесение на поверхность контакта углеродной пластины металлического слоя путём ионной имплантации на неё металлов, обладающих высокой электропроводностью [5];
- впрессовывание медной втулки в торцевое отверстие электрода, с впрессованным токоподводящим сердечником [6].

Недостатками перечисленных способов является металлизация только поверхности контакта без внедрения металла во внутренние слои угольного электрода, что исключает снижение их удельного электрического сопротивления и не предотвращает повышения напряжения электролиза, а так же ненадёжность электрического контакта от токоподводящего штока к электроду с ослаблением механической связи запрессованной втулки с электродом и созданием возможности выпадения электрода из крепления токоподводящего узла. Исследования проводили по двум направлениям:

- сравнение режимов работы электролизеров с различной конструкцией анодных пластин;
- снижение сопротивления электрического контакта токоподводящего штока с анодом путем внедрения тонкодисперсных порошков в поры пластины.

Анализ режимов работы контрольных электролизёров показал, что независимо от поверхности анодных пластин, их параметры меняются в широких пределах. Поэтому для оценки эффективности работы анодов с разной конфигурацией поверхности при одинаковых токовых нагрузках сравнивали усреднённые параметры работы электролизёров – напряжение, температуры электролиза и концентрации электролита.

Проведенные исследования показали, что напряжение электролиза при одинаковых режимах работы в электролизёрах, укомплектованных плоскопараллельными анодами, на 0,5-1,0 В ниже, чем в электролизёрах, укомплектованных профилированными анодами. При этом параметры процесса электролиза, в разных электролизёрах одного и того же профиля анодов значительно различаются. Для сравнения ресурса работоспособности электролизёров с профилированными и плоскопараллельными анодами провели анализ межремонтного пробега контрольных электролизёров, а так же причины их вывода из эксплуатации и установили, что у аппаратов, укомплектованных профилированными анодами, межремонтный пробег выше не менее чем на 30 %, чем у аппаратов, укомплектованных плоскопараллельными анодами.

Из изложенного следует, что для повышения эффективности работы электролизёров недостаточно только увеличивать поверхность контакта анодов с электролитом за счёт профилирования.

Опробован способ внедрения тонкодисперсных медных порошков в поры серийных коксовых пластин. Медные порошки вводили в угольные пластины путём смешения их с горячей эпоксидной смолой и пропитки полученной суспензией анодных пластин через высверленные в них глухие отверстия для ввинчивания токоподводящих штоков с последующей выдержкой пропитанных пластин при 130 °С для полимеризации смолы.

В первой серии экспериментов применили высокодисперсный медный порошок марки ПМВД-1. Было установлено, что максимальное количество медного порошка, вводимого в пластину не должно превышать 0,4 % от её массы. При превышении этого количества пропитанный слой пластины в области отверстия для ввинчивания токоподводящих стержней настолько упрочнялся, что при правке резьбы и ввинчивании в пластины токоподводящих штоков пластины лопались с отделением от них в области токоподвода крупных кусков электродного материала.

В полученных пластинах проводили измерение их электрического сопротивления. Результаты измерений приведены в таблице 1. В этой таблице также приведены результаты измерений штатной анодной пластины, пропитанной эпоксидной смолой.

Таблица 1.

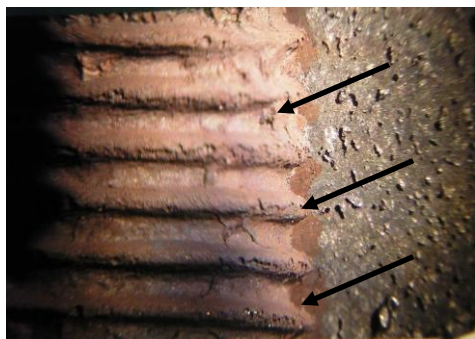
Результаты испытаний анодных пластин и анодов

Количество меди, введенной в анодную пластину, г	Электрическое сопротивление по длине пластины, Ом·10 ⁻⁴	Воспринимаемая анодом токовая нагрузка, А
70	4,8,10,13,18,19	900
0	6,7,10,12,15,18	От 650 до 900

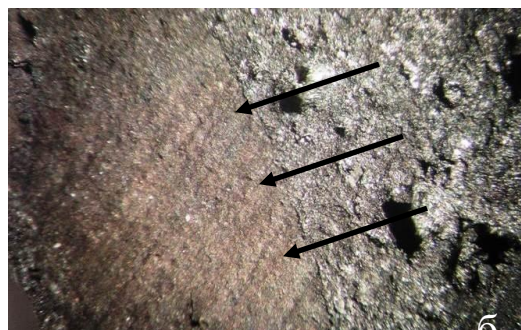
При сравнении данных видно, что удельное электрическое сопротивление анодного материала, пропитанного суспензией меди в эпоксидной смоле, не изменилось, однако на металлографическом срезе резьбового участка виден тонкий, пропитанный медью пристеночный слой (рис. 2), который может улучшить электрический контакт токоподвода с коксовым материалом анода. Данное предположение подтверждается проведенными регламентными замерами восприимчивости токовой нагрузки анодами. Из таблицы 1 видно, что для пропитанных медной суспензией анодов данная величина находится на уровне 900 А, соответствующим показателям для лучших анодов, изготовленных по штатной технологии.

Наиболее вероятно, что первые частицы медного порошка, внедряемые в объём пор, приближенных к резьбовому отверстию, забивали эти поры, препятствуя проникновению последующих частиц, поступающих с

эпоксидной суспензией в глубину пластины. Поэтому частицы медного порошка накапливались в области резьбового отверстия и проникали вглубь пластины не более чем на 4 мм.



а—×8,



б—×32.

Рис.2 - Поперечный срез резьбового отверстия пластины, пропитанной суспензией порошка металлической меди в эпоксидной смоле. Стрелками показаны граница раздела «металлическая медь - коксовый материал»

Таким образом в работе:

- исследованы параметры работы среднетемпературных электролизеров с различными конструкциями анодных пластин и установлено, что использование профилированных анодов увеличивает межремонтный пробег на 30% и, одновременно, приводит к увеличению напряжения электролиза по сравнению с плоскопараллельными анодами;
- отработана технология пропитки коксовых пластин тонкодисперсным медным порошком для улучшения электрического контакта (пластина-шток).

Дальнейшие работы предусматривают отработку поэтапной технологии подготовки коксовых пластин, позволяющую повысить проводимость в зоне контакта медный шток-коксовая пластина и снизить воздействие агрессивной среды электролита на анод.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Галкин, Н.П.. Технология фтора. - М.: Атомиздат, 1968.- 188с.
- 2 Рысс И.Г. Химия фтора и его неорганических соединений М.: ГОСХИМИЗДАТ, 1956.
- 3 Патент по заявке № 56 – 49994 Япония, С 25 В 9 / 04 . Токопроводящий узел электрода. Кимото К. (Япония); заявитель Асахи гарасу; заявл. 05.09.78 № 53 -108103; опубл. 26.11.81. Бюл. № 32. Приоритет от 05.09.78. (Япония).
- 4 Пат. 2135335 Великобритания, МПК⁷ С 25 В 9 / 04 . Токопроводящий узел электрода. Маршалл Алан (Великобритания); заявитель Бритиш ньюклар фьюелз PLC; заявл.24.02.83; опубл.24.01.85. Бюл.№ 4; приоритет 22.02.84 (Великобритания).

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ШЛИФОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ Nd-Fe-B

Догаев В.В., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н., Макасеев А.Ю.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской области, пр. Коммунистический, 65
e-mail: vital092@vtomske.ru

В статье представлена перспективная технология переработки шлифотходов производства магнитов Nd-Fe-B с использованием муравьиной кислоты. Определены оптимальные условия процессов растворения шлифотходов в выбранном растворителе и осаждения Nd в виде $Nd(HCOO)_3$. Изучен процесс термического разложения $Nd(HCOO)_3$.

Сегодня магниты Nd-Fe-B являются важнейшей составляющей элементной базы электронного приборостроения, средств связи, производства электродвигателей для атомных центрифуг и систем управления реакторами, аэрокосмической промышленности, автомобильной промышленности, компьютеров. Наиболее динамично в последние десятилетия развивается производство уникальных высокоэнергетических постоянных магнитов на основе Nd-Fe-B. Магниты получают методами порошковой металлургии и центрифугированием расплава [1].

На всех переделах получения магнитов образуются отходы, содержащие РЗМ и другие ценные компоненты. По существующей технологии изготовления магнитов 10...40 мас. % магнитного материала теряется со шлифотходами. Для повышения рентабельности производства необходимо осуществить переработку этих отходов таким образом, чтобы с минимальными затратами добиться максимального извлечения ценных компонентов.

Шлифотходы, образующиеся на стадии механической обработки магнитов, по химическому составу близки к составу последних, имеют влажность 10...30 мас. % и содержат 12...14 мас. % кислорода, до 5...7 мас. % углерода (в виде масел) и меньшее количество других примесей, таких, как кремний, алюминий, кальций и т. д. Количество наиболее ценных компонентов Nd и других РЗЭ в них составляет 20...28 мас. % [2, 3].

Для регенерации Nd (РЗЭ) из шлифотходов необходимо:

- очистить отходы от органических загрязнений;
- удалить примеси;
- получить соединения Nd (РЗЭ) или металлический Nd (РЗЭ).

Существующие методы переработки данного вида отходов – хлоридный, ацетатный, сернокислотный и другие – не нашли практического применения [4].

В связи с этим в СТИ НИЯУ МИФИ разрабатывается новый метод

регенерации Nd (PЗЭ) с использованием муравьиной кислоты. Способ основан на различиях в растворимости формиатов Nd (PЗМ) и примесных элементов (Fe, Ni, Co, Al) [5]. Он состоит из следующих стадий:

- 1) термическое обезжиривание шлифотходов;
- 2) растворение окисленных шлифотходов;
- 3) выделение Nd из раствора в виде формиата;
- 4) прокаливание $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ до оксида Nd_2O_3 ;
- 5) включение Nd_2O_3 в схему получения металлического Nd или магнитного сплава на основе системы Nd-Fe-B.

Термическое обезжиривание шлифотходов. Цель данной операции – разрушение кристаллической решетки магнитного сплава Nd-Fe-B, удаление масла и СОЖ, получение труднорастворимых соединений Fe_2O_3 , оксидов легирующих компонентов из переходных металлов (Ti, Co, Zr, Hf), SiC, Al_2O_3 .

Прокалку проводили на воздухе в муфельной печи при температуре 550...650 °С в течение 5...6 ч.

Растворение окисленных шлифотходов. Цель данной операции – перевод Nd в раствор. В качестве растворителя была выбрана азотная кислота HNO_3 . Причина выбора такого растворителя: разбавленная HNO_3 – хороший растворитель для Nd_2O_3 , не растворяет Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiC, SiO_2 , полученные при прокаливании.

Из анализа результатов проведенных исследований процесса растворения окисленных шлифотходов получено, что концентрация HNO_3 в растворе 2...3 моль/л и температура 25...35 °С являются оптимальными, т.к. при этих условиях растворимость оксида железа (III) еще мала (< 1 мас. %), а для неодама она составляет не менее 95...96 мас. % при температуре 25 °С.

Выделение Nd из раствора в виде формиата. Цель данной операции – селективное извлечение Nd из раствора, содержащего примесные элементы. Отмечено, что Nd из нитрата переходит в формиат только после полного взаимодействия избытка азотной кислоты с избытком муравьиной. Муравьиная кислота, благодаря своей альдегидной группе –COH, является восстановителем, а HNO_3 – окислителем. Реакция взаимодействия кислот протекает бурно при небольшом нагреве до температуры 70...85 °С с выделением NO, NO_2 по следующей схеме:



После полной нейтрализации азотной кислоты осадок формиата неодама $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ образуется довольно быстро также при небольшом нагреве – в течение 30...40 мин. Формиат неодама $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ является труднорастворимым соединением и выпадает в осадок. Формиаты же Fe, Ca, Cr, Ni, Co, Al являются хорошо растворимыми соединениями и

остаются в растворе. Полученный осадок мелкодисперсный, хорошо фильтруем. Необходимо отметить, что по справочным данным растворимость $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ в воде практически не зависит от температуры в диапазоне 20...90 °С.

Наиболее оптимальным для извлечения неодима в виде муравьинокислой соли является 100%-ный избыток HCOOH .

Нами были проведены эксперименты по регенерации Nd из конкретной партии шлифотходов по представленной схеме. Полученные осадки $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ выделили из раствора с помощью фильтрации через фильтрующий элемент и далее промывали двукратно дистиллированной водой. Анализ маточного раствора после осаждения $\text{Nd}[\text{Pr}](\text{HCOO})_3$ показал остаточное содержание иона неодима Nd^{3+} в растворе 38 мкг/мл, растворе первой промывки 85 мкг/мл. Состав исходных шлифотходов и продукта переработки представлен в таблице 1. Из которой видно, что происходит увеличение содержания Nd в продукте и резкое уменьшение содержания Fe. Степень извлечения Nd составила 96%. Степень извлечения зависит от вскрытия шлифотходов.

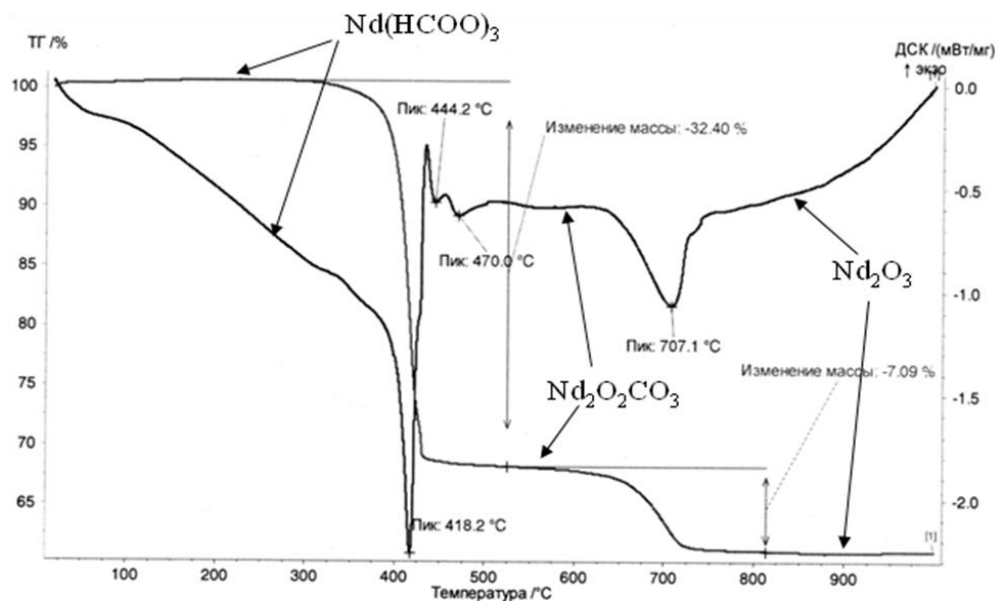
Таблица 1.

Состав исходных шлифотходов и продукта переработки

Содержание элементов в шлифотходах и выделенном Nd, мас. %		
элемент	до переработки	после переработки
Nd	31,9	77,8
Pr	0,9	2,2
Fe	55,81	0,40
Al	0,7	0,027
Mn	0,04	0,004
Cr	1,5	0,041
Ni	0,12	0,0046
Si	0,5	<0,001

Прокаливание $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ до оксида Nd_2O_3 . Цель данной операции – изучение закономерностей процесса термического разложения формиата неодима. Высушенные при 100 °С на воздухе образцы $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ подвергли термическому разложению. Результаты дериватографических исследований разложения $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ представлены на рис.1.

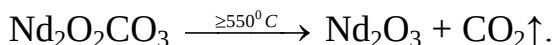
Образец $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$ при прокаливании в атмосфере аргона или в вакууме принимал темный, а иногда черный цвет, что свидетельствует о наличии углерода в продуктах термического разложения. Углерод является продуктом побочной реакции разложения монооксида углерода CO, который в свою очередь и является непосредственно одним из продуктов термического разложения формиата неодима $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$. При этом также образуются оксикарбонат неодима $\text{Nd}_2\text{O}_2\text{CO}_3$ и пары воды.

Рис. 1. Термограмма разложения $\text{Nd}(\text{HCOO})_3$

Реакции, протекающие при разложении, выглядят следующим образом:



Далее при повышении температуры протекает вторая стадия разложения:



Термическое разложение формиата Nd аналогично таковому для оксалата Nd [6].

Поисковые научно-исследовательские работы выполнены в рамках реализации ФЦП ГК №П509 «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009...2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко А.Г. Магниты Nd-Fe-B и перспективные технологии их производства // Научно-технологическое обеспечение деятельности предприятий, институтов и фирм. М.: МГУИ, 2003. – С. 503–539.
2. Буйновский А.С., Софронов В.Л. Технология и оборудование для производства постоянных магнитов. Северск: СТИ ТПУ, 1997. – 226 с.
3. Буйновский А.С., Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н. Фторидная переработка шлаков магнитного производства // Химическая технология. 2004. № 3. – С. 22–26.
4. Макасеев А.Ю. Дисс. ... канд. хим. наук. Северск: СТИ ТПУ, 1999. – 242 с.
5. Краткий справочник по химии / Под ред. О.Д. Куриленко. Киев: Наукова думка, 1974. – 991 с.
6. Страшко А. Н. Авт. дисс. ... канд. техн. наук. Томск: ТПУ, 2011. – 23 с.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ЦЕРИЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Буйновский А.С., Софронов В.Л., Обходская Е.В., Сачков В.И.

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

В работе рассмотрены вопросы разработки и применения плазмохимического метода получения мелкодисперсного диоксида церия. Исследованы основные характеристики порошка церия, полученного данным методом.

В настоящее время одним из важнейших направлений применения нанотехнологии является получение наноразмерных порошков. Наряду с развитием фундаментальных научных аспектов этого направления, огромное значение имеет разработка практических способов производства наноразмерных материалов.

Диоксид церия является перспективным материалом с комплексом особых физико-химических свойств, включающих ярко выраженную зависимость таких важных параметров, как кислородная нестехиометрия, оптические и электрофизические свойства, от размерного фактора. Последняя особенность диоксида церия делает особо актуальной проблему разработки высокоэффективных и масштабируемых технологий получения нанодисперсных порошков CeO_2 с заданной микроморфологией и контролируемым распределением частиц по размерам, пригодных в качестве прекурсоров для создания функциональных материалов и нанокомпозитов [1].

Практически значимые способы получения диоксида церия в настоящее время продолжают совершенствоваться. Особый практический интерес представляют методы, позволяющие синтезировать CeO_2 с контролируемыми размерами и формой частиц. Кроме того, широкое развитие приобретают методы, исключающие применение дорогостоящих реагентов и оборудования, а также направленные на сокращение количества стадий процесса. К настоящему времени известно много способов получения диоксида церия, включая термическое разложение солей церия (III) и (IV), синтез в микроэмульсиях, пиролиз аэрозолей и другие. Традиционные схемы переработки солей церия в диоксид обладают рядом недостатков: низкая интенсивность, многостадийность и периодичность технологического процесса, наличие химически и биологически агрессивных, пожароопасных и взрывоопасных веществ. Кроме того, зачастую не обеспечивается химическая однородность, что отрицательно сказывается на их качестве.

Размер получаемых традиционными способами наночастиц CeO_{2-x} варьируется от 2–3 до 50 нм [2]. Наиболее интересными представляются

методы, позволяющие синтезировать CeO_{2-x} с размером частиц менее 5–10 нм, поскольку именно в этом диапазоне становятся значимыми размерные эффекты. Следует отметить, что большинство перечисленных методов не позволяет получать наночастицы CeO_{2-x} заданного размера, либо включает использование дорогостоящих реагентов и оборудования, что препятствует их практическому применению. Синтез функциональных наноматериалов на основе CeO_{2-x} осложняется и отсутствием информации о процессах, ведущих к образованию наночастиц диоксида церия.

В связи с этим актуальной является разработка новых способов, обеспечивающих совершенствование технологии, повышение ее экологической чистоты, улучшение качества получаемого диоксида церия. Один из путей решения этой задачи – применение в технологии концентрированных источников энергии, в частности плазмы. Показано, что обработка дисперсных веществ в струях плазмы позволяет на несколько порядков интенсифицировать процессы тепломассообмена и химических превращений [3]. К преимуществам данного метода можно отнести:

- осуществление процессов, которые при низких температурах не протекают и требуют значительного подвода энергии (проведение таких процессов возможно благодаря плазмохимии);
- увеличение производительности реактора и уменьшение его габаритов;
- сокращение числа технологических стадий;
- использование дешевого сырья, в том числе и отходов;
- получение порошков с ценными свойствами (плазмохимический метод – один из самых эффективных методов получения высокодисперсных и нанодисперсных порошков металлов, в том числе и оксидов, а также их различных композиций, имеющих размер частиц менее 1 мкм, разнообразный фазовый состав);
- возможность снижения температуры стенки реактора (плазмохимические методы позволяют подводить энергию внутрь реактора с помощью плазменного потока, поддерживая при этом невысокую температуру стенок реакционного канала путем интенсивного охлаждения);
- безинерционность, широкий диапазон варьлируемых параметров и удобство автоматизированного управления.

К недостаткам плазмохимических методов получения нанопорошков относятся необходимость использования электроэнергии и относительно невысокий ресурс работы плазмохимической аппаратуры (обычно он составляет 100-1000 часов, однако за последние 10-20 лет, благодаря усовершенствованию плазмотронов и реакторов, ресурс их работы возрос в десятки и сотни раз).

Таким образом, рассмотренные преимущества и недостатки плазмохимических процессов позволяют сделать вывод о целесообразности использования плазмы для получения и переработки разнообразных целевых продуктов, в том числе для диоксида церия.

В основу предлагаемого метода положены следующие процессы:

1) процесс плазмотермической термодеструкции нитрата церия до диоксида в потоке плазмы, осуществляемый в рабочем пространстве плазмохимической установки;

2) процесс плазмотермической денитрации водных растворов нитрата церия, с последующей конверсией в порошок диоксида церия в потоке плазмы, осуществляемый в рабочем пространстве плазмохимической установки.

Суть предлагаемого способа заключается в том, что максимально насыщенный водный раствор нитрата церия, содержащий церий в соотношении, идентичном составу получаемого продукта, диспергируется форсункой и подается в реактор, где смешивается со струями плазмы, генерируемой плазмотроном. В реакторе в одну стадию протекают процессы дегидратации раствора, термического разложения соли, формирования кристаллической структуры продукта разложения и его конверсии в оксид. Закалка продуктов реакции осуществляется смешением их с воздухом. После закалки порошок оксида отделяется от газовой фазы в фильтре.

Принципиальная технологическая схема плазмохимической установки (рисунок 1), на которой предлагается проводить данные процессы состоит из узла приготовления и выдачи растворов, генератора, плазмотрона, плазмохимического реактора, узла улавливания твердой фазы, узла улавливания паров воды и оксидов азота и узла очистки сбросных газов.

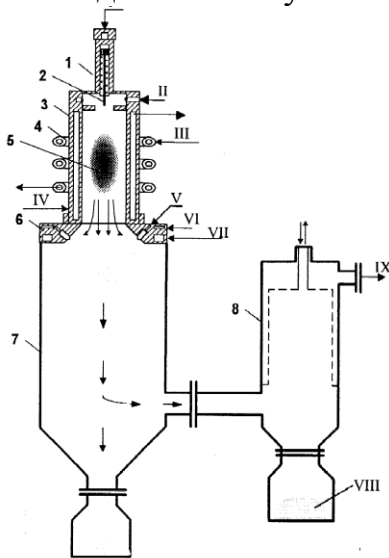
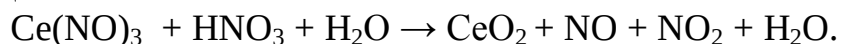


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для получения CeO_2 из нитрата церия (III) методом плазмохимической конверсии

1-поджигающее устройство; 2- электрод; 3- плазмотрон; 4- индуктор; 5- плазменный разряд; 6- распыляющее устройство; 7- плазмохимический реактор; 8- фильтр (вихревые пылеуловители); I- газ для поджигания разряда; II-газ для плазмообразования; III- вода для охлаждения индуктора; IV- вода для охлаждения плазмотрона; V- перерабатываемый раствор соли церия; VI- воздух для распыления; VII- вода для охлаждения форсунки; VIII- полученный продукт; IX- газ на очистку

Принцип работы плазмохимической установки заключается в том, что предварительно приготовленный максимально насыщенный раствор нитрата церия заранее заданного состава распыляется пневматической форсункой в поток плазмы, нагретой до температуры 3000-5000 К. В плазмохимическом реакторе происходит нагрев капель раствора, испарение растворителя, разложение сухого остатка до оксида. Реакция денитрации идет по схеме:



В продуктах высокотемпературного процесса возможно присутствие промежуточных соединений N_2O , NO , N_2O_5 , и т.п. Длительность реакции составляет около 0,1 с. Пылегазовая смесь, выходящая из плазмохимического реактора, направляется на вихревые пылеуловители и фильтр, в которых в непрерывном режиме происходит отделение порошка. После этого парогазовый поток направляется на конденсацию.

Далее проводили исследования порошка диоксида церия, полученного при переработке нитратного раствора плазмохимическим способом. Анализ тонкой структуры осуществляли на электронном микроскопе ЭМ-125 при ускоряющем напряжении 125 кВ. Порошок готовили для электронно-микроскопических исследований путём его осаждения на угольную подложку, изготавливаемую в вакуумном посту ВУП-4. Средние размеры частиц порошка и их зёрен определяли методами стереометрии; толщину дифракционного кольца – методом фотометрирования на денсиметре «МД-100» (толщину принимали равной ширине профиля интенсивности на полувысоте пика) [4].

Удельную поверхность порошка измеряли на приборе ID 188 по адсорбции азота многоточечным методом БЭТ. Насыпную плотность определяли в соответствии с ГОСТ 19440-74. Рентгенофазовый анализ проводили на установке ДРОН-УМ1 с фильтрованным медным излучением. По полученным рентгенограммам в соответствии с [5] определяли количественный фазовый состав, рассчитывали параметры решетки и размер ОКР. Основные результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

Результаты исследований удельной поверхности, гранулометрического, фазового составов, кристаллической структуры и среднего размера первичных частиц (кристаллитов)

Оксид	Уд. поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Гранулометрия	Фазовый состав	Размер первичных частиц, $\text{\AA}$
CeO_2	46	6,480	CeO_2	500

Гранулометрия показала, что диоксид церия представляет собой набор глобул размером 0,3 – 1 мкм как полых внутри, так и заполненных внутри дисперсной фазой с размерами частиц около 30 $\text{\AA}$.

Методом электронной дифракционной микроскопии показано, что полученный наноструктурный порошок на основе диоксида церия с применением низкотемпературной плазмы представляет собой рыхлую микроагрегатную систему, содержит в своей структуре нанокристаллическую и аморфную фазы, относится к наномерным материалам, гомогенный, основными морфологическими составляющими которого являются поликристаллические сферы и их обломки – пленки, обладающие зеренной структурой и сферические монокристаллические образования. Порошок носит явно выраженный неравновесный характер и находится в энергонасыщенном состоянии. Для него характерно резко выраженное снижение температуры спекания (на 200-500 °С), высокая реакционная способность, развитая поверхность.

Электронно-микроскопические исследования позволили установить взаимосвязь между структурой микродифракционных картин и размером зёрен порошка диоксида церия. Обнаружено, что в порошках со средним размером зерен менее 20 нм имеется лишь высокотемпературная модификация диоксида церия. В случае порошков с более крупным размером зёрен наблюдается моноклинная модификация.

Синтезированный плазмохимическим способом порошок диоксида церия отличается от полученных традиционными методами повышенной удельной поверхностью, что объясняется высокой степенью диспергирования активных компонентов.

Таким образом, в работе был предложен плазмохимический метод для синтеза диоксида церия. Получен порошок с размером первичных частиц 500 Å, высокой удельную поверхность и реакционной способностью. Установлена взаимосвязь между структурой микродифракционных картин и размером зёрен порошка диоксида церия.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Разработка, восстановление и организация производства стратегических, дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на 2009-2011 годы и на период до 2015 года» ГК № 10208.1007900.13.003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов В.К., Полежаева О.С., Третьяков Ю.Д. Нанокристаллический диоксид церия: синтез, структурно-чувствительные свойства и перспективные области применения. М.: Рос. Хим. Журн., 2009. Т. 53. № 2. - С. 56-67.
2. Дробот Д.В., Чуб А.В., Воронов В.В., Федоров П.П., Иванов В.К., Полежаева О.С. Получение наночастиц диоксида церия. Наука: Неорганические материалы, 2008. Т.44. №8.- С. 966-968.
3. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы.- Л.:Химия, 1981.- 247 с.
4. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977.- 208 с.
5. Гинье А. Рентгенография кристаллов – М.: Государственное издательство физико-математической литературы. 1961. - 604 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРОВ КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ДЕСУБЛИМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

Русаков И.Ю., Астащенко Ю.О.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65
e-mail: sofronov@sti.edu.ru

Рассмотрены технологические и экономические факторы обуславливающие необходимость использования паров криогенной жидкости при охлаждении десублиматоров. Основной фактор – это величина нижнего предела безопасной температуры десублимации в аппарате, влияющий на взрывобезопасность производства. Например, для гексафторида урана он составляет минус 100 °С. Показаны перспективные конструкции криогенных испарителей.

При получении гексафторида высокообогащённого урана путём фторирования его оксидов существует проблема выбора температуры десублиматора при выделении полученного гексафторида урана (ГФУ) из парогазовой смеси. Казалось бы, чем ниже температура, тем лучше, т.е. выше степень извлечения ГФУ из поступающей в десублиматор газовой смеси. Однако в этом случае увеличивается и степень десублимации компонентов-примесей (HF , OF_2 , NOF , NO_2F , NF_3 , COF_2 , CF_4 и др.). Эти примеси поступают в парогазовую смесь вместе с фтором или образуются в процессе фторирования за счёт примесей, присутствующих в оксидах урана. Некоторые из этих примесей в определённом сочетании при размораживании способны взаимодействовать между собой со скоростью взрывных процессов. Поэтому, с целью создания и поддержания безопасного производства, вероятность десублимации таких примесей определяет нижний предел температуры охлаждения десублиматора. Величина нижнего предела безопасной температуры десублимации ГФУ составляет минус 100 °С [1]. В настоящее время на Сибирском химическом комбинате в качестве хладагента используется жидкий азот с температурой минус 193 °С без какого-либо криогенного испарителя и в случае нарушения технологического режима или нештатной ситуации в работе оборудования возможно резкое переохлаждение десублиматора до опасных температур.

Вторым фактором в пользу использования газообразного хладагента с целью предотвращения переохлаждения конденсатора является особенность прохождения десублимационного процесса. В конденсаторе десублимация продукта может происходить как на охлаждаемой поверхности с образованием на ней относительно плотного слоя целевого продукта (поверхностная десублимация), так и в объёме аппарата с образованием десублимата в виде аэрозолей и кристаллов. Процесс

поверхностной десублимации осуществляется при доставке газообразных молекул продукта из объёма к холодной поверхности аппарата при выполнении условия

$$S = \frac{P}{P_{\infty}(T)} \leq S_{кр},$$

где S – степень пересыщения парогазовой смеси;

$S_{кр}$ – критическая степень пересыщения, выше которой начинается процесс образования зародышей твёрдой фазы в объёме аппарата;

P , $P_{\infty}(T)$ – текущее давление газа в системе и давление пара вещества над его десублиматом при данной температуре.

Если $S_{кр}$ достигается только на поверхности десублиматора, то весь продукт осядет на ней. При этом, чем ниже её температура, тем выше скорость процесса. Если же $S_{кр}$ достигается в объёме аппарата, то начинается объёмная десублимация продукта с образованием аэрозолей.

В десублиматорах, работающих в производственных условиях, выравнивание температур и давлений пара происходит вследствие турбулентной и молекулярной диффузии и теплопроводности продуктов, то есть одновременно протекают процессы массо- и теплообмена. На рис. 1 показана схема образования пересыщенного пара при движении турбулентного потока парогазовой смеси в трубе, охлаждаемой снаружи.

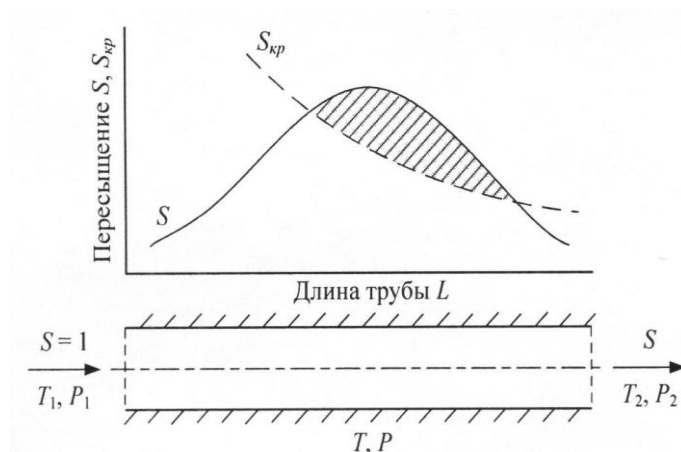


Рис. 1 – Изменение степени пересыщения потока пара при его движении по трубе

Соотношение скоростей массообмена и теплообмена таковы, что пересыщение пара вначале повышается, достигая максимального значения, а затем уменьшается. В той области, где оно превышает критическое значение (заштрихованный участок), протекает объёмная десублимация. В реальных условиях всегда имеют место обе разновидности процесса. В зависимости от конструктивной схемы аппарата и технологических

параметров его работы один из видов процесса является основным, а присутствие другого снижает эффективность первого [2-6]. На практике наиболее распространено выделение твердой фазы на внутренней охлаждаемой поверхности аппарата. При этом часть целевого продукта выходит из аппарата в виде аэрозоля, что ведет к потере продукта и дополнительным затратам по его улавливанию.

Другим экономическим фактором в пользу регулирования и поддержания температуры десублимации на требуемом уровне является отсутствие перерасхода криогенной жидкости, что значительно снижает себестоимость целевого продукта и повышает рентабельность производства.

Перечисленные факторы показывают производственную и экономическую необходимость использования паров криогенных жидкостей. Были разработаны конструкции аппаратов, предназначенных для получения газообразного хладагента из криогенных жидкостей.

На рис. 2 показан испаритель криогенной жидкости [7] испытанный в промышленных условиях на Сублимадном заводе СХК.

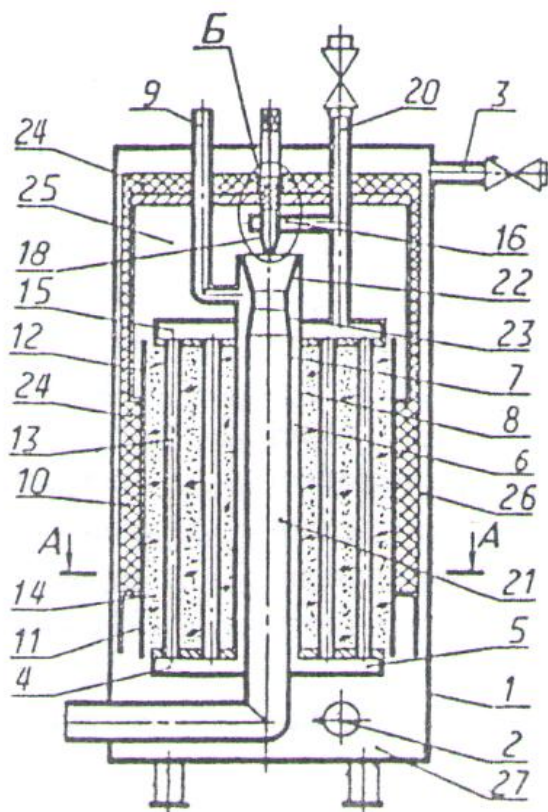


Рис. 2 - Испаритель криогенной жидкости

1 – корпус; 2, 3 – патрубки для входа отработанных паров криогенной жидкости и регулирования его расхода паров криогенной жидкости; 4 – узел подвода криогенной жидкости; 5 – камера жидкого хладагента; 6 – кольцевая полость; 7 – центральная труба; 8, 16 – патрубки; 9 – патрубок для подачи криогенной жидкости; 10 – цилиндрическая оболочка; 11, 12 – отверстия; 13 – теплообменный элемент; 14 – насыпная насадка; 15 – камера газообразного хладагента; 17 – сопло эжектора; 18 – эжектор; 19 – винт; 20 – патрубок регулирования температуры паров; 21 – узел выдачи хладагента; 22, 23, 25 – диффузор, конфузор и приемная камера эжектора; 24 – теплоизоляция; 26 – кольцевой зазор; 27 – приёмная камера отработанного хладагента.

Работоспособность аппарата и пригодность его для использования в технологической установке подтверждена на практике при десублимации гексафторида урана. Использование испарителя криогенной жидкости позволило регулировать температуру выходящего из него газообразного хладагента, тем самым не нарушать величину нижнего предела безопасной температуры десублимации ГФУ в конденсаторе и снизить удельный расход криогенной жидкости на охлаждение продукта.

Испаритель можно использовать не только в технологии получения гексафторида сырьевого урана, гексафторидов урана различного обогащения, но и для получения фторидов W, Mo, Zr, Hf, Ti и др. летучих фторидов металлов, а также в газофторидной переработке отработанного ядерного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Исследование оптимальной температуры конденсации BF_3 на установке М2257 и UF_6 на установке М2079: Отчёт (промежуточный) / СТИ ТПУ, СХК; Руководители В.Л.Софронов, А.С.Буйновский, Е.Н.Малый.-рег.№ У-82089. – Северск, 2000г. – 191 с.
- 2 Горелик, А.Г. Десублимация в химической промышленности. / А.Г.Горелик, А.В.Амитин – М.: Химия, 1986. – 272 с., ил. (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) – Библиогр.: с.258-268.
- 3 Амелин, А.Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара. / А.Г.Амелин – М.: Химия, 1972г. – 265 с.
- 4 Гущин А.А., Кобзарь Ю.Ф. и др. Разработка конструкции многокамерного конденсатора с тепловой стенкой для сублимации-десублимации высокообогащенного гексафторида урана. Сборник докладов 5-ой НТК СХК. г. Северск, 20-22 октября 1998г. – Северск: изд.НИКИ СХК, 1999г. – 237 с.
- 5 Смолкин П.А., Буйновский А.С., Лазарчук В.В. и др. Математическая модель процесса десублимации летучих фторидов металлов // Известия ТПУ. – 2007. - №3, Т.310. – 280с. – С. 77-80. ISBN 1684-8519.
- 6 Смолкин П.А., Буйновский А.С., Лазарчук В.В. и др. Математическая модель для определения тепловых условий процесса десублимации летучих фторидов металлов // Известия ТПУ. – 2007. - №3, Т.310. – 280с. ISBN 1684-8519.
- 7 Пат. 2239121 Российская Федерация, МПК⁷ F17C 9/02, F25B 39/02. Испаритель криогенной жидкости / Гущин А.А., Русаков И.Ю., Лазарчук В.В., Хохлов В.А.; – № 2002102596/06; заявл. 28.01.02; опубл. 27.10.04, БИ № 30. – 6 с.

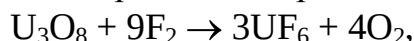
ВОССТАНОВЛЕНИЕ U_3O_8 ВОДОРОДОМ И КАТОДНЫМ ГАЗОМ В СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

**Сидоров Е.В., Софронов В.Л., Галата А.А., Портнягина Э.О.,
Атякиев А.А.**

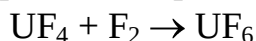
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск
Томской обл., пр. Коммунистический, 65, e-mail: sofronov@ssti.ru

В статье рассмотрены способы восстановления U_3O_8 в статических и динамических условиях. Установлено, что с увеличением температуры скорость процесса восстановления увеличивается. Определено, что с увеличением температуры депрессирующее влияние HF на процесс восстановления ослабевает. Установлено, что наиболее целесообразным является проведение процессов восстановления и гидрофторирования после предварительной очистки катодного газа.

Известно, что наиболее экономичным исходным сырьем для получения гексафторида урана UF_6 с использованием элементного фтора является тетрафторид урана UF_4 , так как в сравнении с реакцией:



расход элементного фтора при проведении реакции:



сокращается на 2/3.

В свою очередь наиболее рациональным способом получения UF_4 на сегодняшний день следует считать гидрофторирование оксидов урана с повышенным содержанием четырехвалентного урана U^{4+} [1, 2].

Повысить в оксидах урана содержание U^{4+} возможно за счет восстановления высших оксидов урана (UO_3 , U_3O_8) водородом, аммиаком или катодным газом, являющимся побочным продуктом в процессе электролизного производства фтора [3].

В работе приведены результаты исследований по восстановлению U_3O_8 , полученного на ОАО «СХК», водородом и катодным газом в статическом и динамическом режимах на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1.

Исследования процесса восстановления U_3O_8 водородом и катодным газом в статическом режиме осуществляли в трубчатой муфельной печи 9. Навеску исходного U_3O_8 массой 10 г равномерным слоем толщиной примерно 1 мм распределяли по лодочке, которую помещали в реторту в центр реактора, то есть в зону с наиболее стабильной температурой. Водород после достижения в печи необходимой температуры с заданным расходом подавали в печь на восстановление. Восстановительную смесь, имитирующую катодный газ, получали пропусканием водорода над захлажденным безводным фтороводородом (БФВ). В период набора температуры опыта и после окончания опыта в реторту подавали азот.

Продукты восстановления анализировали на содержание урана

общего ($U_{\text{общ}}$), урана четырехвалентного (U^{4+}), фтора общего ($F_{\text{общ}}$), фтора растворимого ($F_{\text{раств}}$).

Результаты опытов по восстановлению U_3O_8 водородом и катодным газом в статических условиях приведены в табл. 1.

С увеличением температуры скорость процесса восстановления U_3O_8 водородом увеличивается. Максимальная степень восстановления U_3O_8 в статических условиях и большом избытке водорода достигается при температурах 500–600 °С и времени пребывания в реакторе (0,5–2) часа.

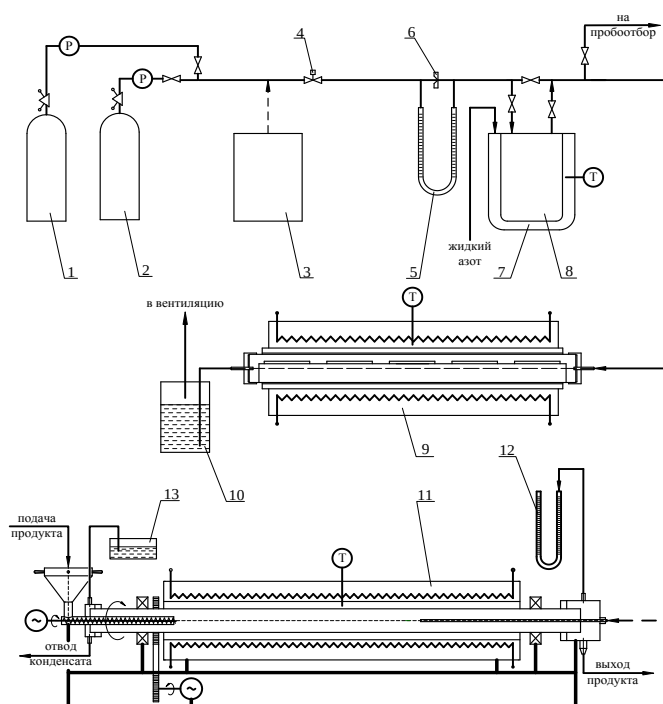


Рис. 1 - Схема лабораторной установки по восстановлению оксидов урана
газообразными реагентами

- 1- баллон с азотом; 2 - баллон с водородом; 3 - аккумулятор водорода;
4 - регулирующий вентиль; 5 - жидкостный дифманометр; 6 - расходомерная шайба;
7 - термостат с этиленгликолем; 8 - емкость с фтороводородом; 9 - муфельная
трубчатая печь; 10 - емкость с поглощающим раствором; 11 – барабанная вращающаяся
печь; 12 – U-образный манометр; 13 – гидрозатвор с NaOH

При проведении опытов по восстановлению U_3O_8 катодным газом с повышением температуры степень восстановления урана также увеличивалась, а количество фтора, содержащегося в оксидах – снижалось. В присутствии HF при температурах до 600 °С степень восстановления оксидов урана ниже, чем при восстановлении чистым водородом. И лишь при 650 °С степени восстановления как водородом, так и катодным газом становятся практически одинаковыми (см. рис. 2).

В динамическом режиме процесс восстановления U_3O_8 осуществляли в барабанной вращающейся печи 11 (рис. 1). Подачу продукта во вращающуюся реторту печи осуществляли шнековым питателем. Скорость

загрузки продукта составляла 32-34 г/ч. Время нахождения продукта в печи регулировали изменением угла наклона печи. Восстановитель подавали противотоком движению твердого продукта. Пуск осуществляли путем одновременной подачи твердого сырья и восстановителя в разогретую печь после предварительной продувки азотом.

Таблица 1.

Условия проведения опытов и составы продуктов восстановления U_3O_8 в статических условиях

№ опыта	Температура, °С	Состав продукта, %				$\alpha \text{ U}^{6+} \rightarrow \text{U}^{4+}$, %	α^* , %	Зона вос-я
		U _{общ}	U(4+)	F _{общ}	F _{раствор}			
Восстановитель – H ₂								
1	320 - 355	-	31,3	-	-	5,18	37,2	-
2	540 - 584	-	82,2	-	-	90,18	94,8	-
3	633 - 655	-	83,5	-	-	92,35	96,3	I
			84,2			93,52	97,2	II
Восстановитель – газовая смесь, имитирующая H ₂ +HF (содержание HF – 6-7 % об.)								
4	330 - 360	76,8	24,9	14,7*	-	-	32,4	I
		82,1	26,6	5,1	3,6	-	32,4	II
5	440 - 480	81,8	26,0	17,1*	-	-	31,8	I
		83,3	34,6	3,2	1,4	10,68	41,5	II
6	540 - 580	81,0	55,9	11,1*	-	46,26	69,0	I
		84,9	66,3	1,7	0,06	63,62	78,1	II
7	630 - 675	87,8	86,0	1,0*	0,09	96,53	97,9	I
		87,8	86,4	0,21	0,03	97,19	98,4	II

Примечания - * Проба первая (I) по ходу газа-восстановителя.

α^* - степень восстановления U_3O_8 до UO_2 , рассчитанная как отношение содержания урана (4+) к содержанию общего урана.

Результаты опытов по восстановлению U_3O_8 водородом в динамических условиях приведены в табл. 2.

Влияние температуры и продолжительности пребывания на степень восстановления U^{6+} в U_3O_8 в динамических условиях представлено на рис.3.

По данным, приведенным в табл. 2 и рис. 3, видно, что степень восстановления U^{6+} из октаоксида триурана зависит, в первую очередь, от температуры процесса, зависимость от продолжительности пребывания твердых продуктов в реакторе и расхода водорода менее выраженная.

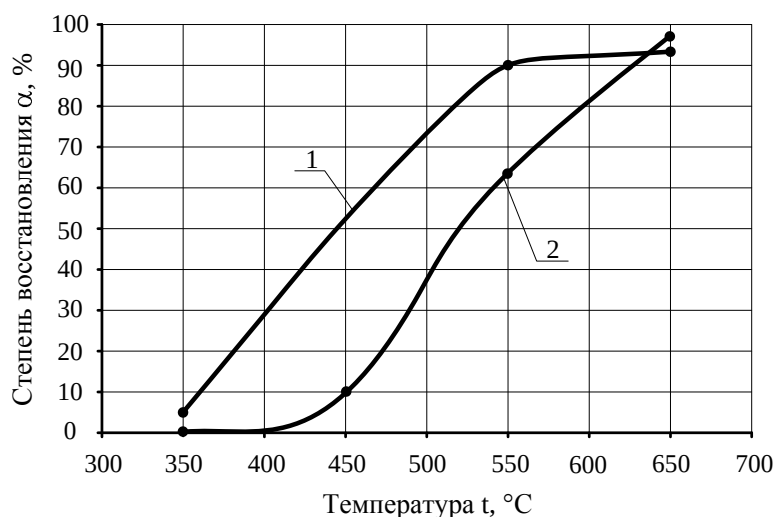


Рис. 2 - Зависимость степени восстановления U_3O_8 от температуры в статических условиях

1 – восстановление водородом; 2 – восстановление газом, имитирующим катодный газ

Таблица 2.

Условия проведения опытов и составы продуктов восстановления
 U_3O_8 водородом в динамических условиях

№ опыта	t, °C	Расход H_2 , л/час (% от стех-рии)	τ , мин	U (4+), %	α^* , %	α , %	Насып. пл., г/см ³ (без утр./с утр.)	v , г/с
Угол наклона печи $\angle 0,68^\circ$								
Исходный продукт ($v_{\text{загрузки}} = 32,8$ г/час)				26,9	-	32	3,0/3,5	6,8
1	00 - 420	3,5 (200)	47	5,2 36,9	1,69 4,53	44 44	2,8/3,5	5,1
2	85 - 495	3,5 (200)	47	0,6 63	0,81 8,12	81 73	3,1/3,8	6,8
3	40 - 570	3,5 (200)	47	82,8 82,7	91,18 91,02	5 5	3,3/4,1	7,9
Угол наклона печи $\angle 2,11^\circ$								
Исходный продукт ($v_{\text{загрузки}} = 34$ г/час)				28	-	33	3,3/3,8	6,9
5	540	3,5 (200)	27	80	86,51	92	3,1/4,1	8,2
6	540	3,5 (200)	20	70,8	71,14	84	3,1/4,1	7,4

Примечание - Продолжительность каждого опыта составляла 3 часа, а содержание урана (4+) в исходном продукте U_3O_8 - 27,1 – 27,2 %.

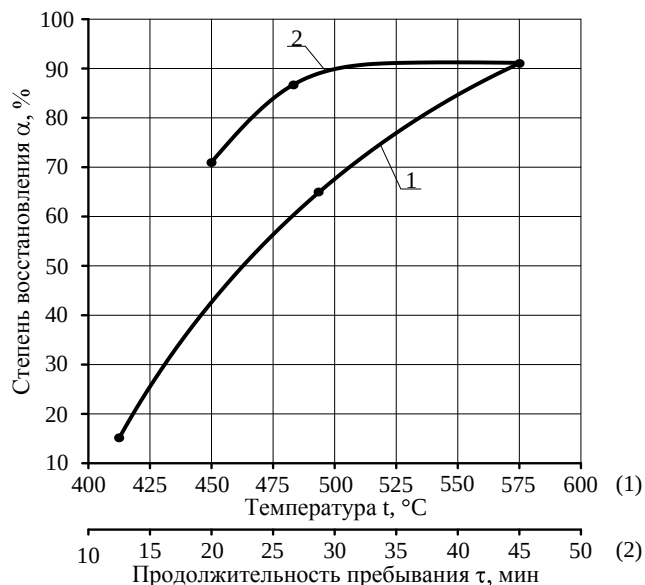


Рис. 3 - Влияние температуры (1) и продолжительности пребывания при 550 °С (2) на степень восстановления U^{6+} в U_3O_8 в динамических условиях

Таким образом, в результате исследований установлено:

- с увеличением температуры скорость процесса восстановления U_3O_8 увеличивается. В статическом и динамическом режимах в интервале температур 540–570 °С степень восстановления U_3O_8 практически одинакова (90,18–91,18%), независимо от времени пребывания продукта в печи в интервале 20–47 минут;
- при восстановлении оксидов урана катодным газом, содержащим 6–10% HF, последний депрессирует процесс восстановления. Но с увеличением температуры депрессирующее влияние HF на процесс восстановления ослабевает и при 650 °С оно практически отсутствует;
- более целесообразным, на наш взгляд, является проведение процессов восстановления и гидрофторирования последовательно в разных зонах одного реактора после предварительной очистки катодного газа;
- полученные результаты могут быть использованы при организации процесса восстановления U_3O_8 в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Галкин Н.П. Технология урана / Б.Н. Судариков, У.Д. Верятин. – М.: Атомиздат, 1964. – 308 с.
- 2 Галкин Н.П. Химия и технология фтористых соединений урана. – М., Атомиздат, 1961. – 374 с.
- 3 Софронов В.Л., Буйновский А.С., Сидоров Е.В. и др. Исследование кинетики восстановления U_3O_8 водородом в неизотермических условиях. – Известия ТПУ, 2010, Т.316, №3, С. 36 - 38.

ГИДРОФТОРИРОВАНИЕ ОКСИДОВ УРАНА БЕЗВОДНЫМ ФТОРОВОДОРОДОМ

**Сидоров Е.В., Софронов В.Л., Галата А.А., Портнягина Э.О.,
Атякиев А.А., Ануфриева А.В.**

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск Томской обл.,
пр. Коммунистический, 65, e-mail: sofronov@ssti.ru

В статье рассмотрено гидрофторирование оксидов урана безводным фтороводородом. Приведены результаты исследований этого процесса в динамическом режиме в лабораторных условиях. Определено, что процесс гидрофторирования целесообразно проводить в двухступенчатом реакторе с противоточным движением твердой и газовой фаз.

Одним из способов снижения себестоимости гексафторида урана является применение на стадии фторирования фтороксидов урана с повышенным содержанием фтора ($> 16\%$), что в свою очередь достигается гидрофторированием оксидов урана с повышенным содержанием $U(4^+)$ [1].

Для исследования процесса гидрофторирования использовали оксиды урана, наработанные в процессе восстановления в среде водорода: полиуранаты аммония (ПУА), продукт из сушильной печи, прокаленный при $370\text{--}380\text{ }^{\circ}\text{C}$ (триоксид урана) и октаоксид триурана [2].

В работе приведены результаты исследований по гидрофторированию оксидов урана безводным фтороводородом в динамическом режиме на лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1.

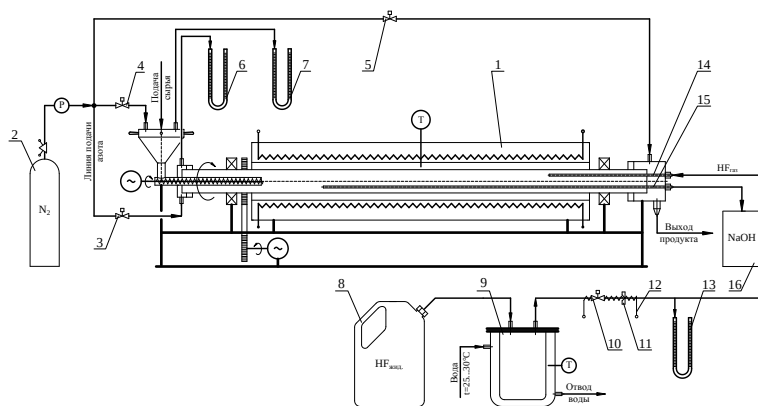


Рис. 1 - Схема лабораторной установки по гидрофторированию оксидов урана безводным фтороводородом

1 - печь барабанная вращающаяся; 2 - баллон с азотом; 3, 4, 5, 10 - вентили регулирующие; 6, 7, 13 - манометры жидкостные; 8 - емкость с жидким HF; 9 - испаритель; 11 - шайба расходомерная; 12 - нагреватель ленточный; 14 - трубка подачи газообразного HF; 15 - трубка отвода газа; 16 - ловушка с щелочным раствором

Результаты опытов по гидрофторированию оксидов урана безводным фтороводородом в динамических условиях приведены в таблицах 1-3.

Гидрофторирование диоксида урана, полученного восстановлением ПУА

Условия получения, состав и свойства продукта	№ опыта			
	1		2	
Производительность по диоксиду, г/ч	66,9		56,8	
Температура опыта, °С	400			
Время пребывания продукта в печи, мин	45			
Расход БФВ по отношению к стехиометрическому, %	97 - 103		122	
Доля фтора в ловушке от поступившего на гидрофторирование, %	не опр.		9	
Цвет полученного продукта	Темно-зеленый			
Содержание, % мас.	пр. №1	пр. №2	пр. №1	пр. №2
U _{общ.}	65,5	67,0	65,0	69,0
U (4+)	45,2	51,6	40,4	44,4
F _{общ.}	22,0	22,0	22,2	22,1
F _{растворимый} (по анализу)	4,7	3,4	5,1	3,6
F _{растворимый} (по расчету)	3,5	2,9	3,3	2,9
U _{растворимый}	21,8	17,9	20,5	18,2
UO ₂ F ₂	-	23	-	24
UF ₄	-	77	-	76
UO _(2+n)	-	< 1	-	< 1
Насыпная плотность, г/см ³ (без утр./с утр.)	-	3,1/3,5	-	3,0/3,3
Коэффициент вибрационного уплотнения, %	-	12	-	9
Скорость истечения, г/с	-	24	-	16
Гранулы, %: 				

По результатам анализов продукт профторирован практически на 100 %. Продукт содержит до 1,8 % сорбированного фтора. Насыпная плотность с утряской составила 3,3–3,5 г/см³, скорость истечения 24–16 г/с, что в 2–3 раза выше, чем скорость истечения исходного диоксида. Удельная поверхность, наоборот, в 2 раза меньше удельной поверхности диоксида. Угол естественного откоса составил 20–22 °. В зависимости от степени фторирования цвет продуктов гидрофторирования менялся от светло-зеленого до зеленовато-черного. В соответствии с составом исходного диоксида урана содержание UO₂F₂ в гидрофторированном продукте находился в пределах 11–23 %. Содержание растворимого фтора выше, чем должно быть по стехиометрии в UO₂F₂, на 0,2–1,2 %. Расчетное содержание UF₄ составило 71–81 %.

Таблица 2.

Гидрофторирование диоксида урана, полученного восстановлением UO_3

Условия получения, состав и свойства продукта	№ опыта					
	1		2		3	
Произв-сть по оксиду, г/ч	64		51		73	
Темп-ра опыта, °С	350		400			
Расход БФВ по отн-ию к стех-ому (средний), %	101		135		100	
Цвет полученного продукта	Зеленовато-черный		Светло-зеленый		Темно-зеленый	
Содержание, % мас.	пр. №1	пр. №2	пр. №1	пр. №2	пр. №1	пр. №2
U _{общ.}	7 1,6	72, 3	7 4,2	7 5,2	7 0,6	7 1,9
U (4+)	5 2,0	56, 1	5 5,9	5 8,0	5 4,8	5 7,8
F _{общ.}	2 0,0	19, 4	2 1,4	2 2,0	2 1,9	2 1,8
F _{растворимый} (по анализу)	2 ,9	2,3	-	3, 2	3 ,8	3 ,8
F _{растворимый} (по расчету)	2 ,8	2,1	-	2, 7	2 ,7	2 ,6
U _{растворимый}	1 7,8	12, 9	-	1 7,2	1 6,9	1 6,2
UO ₂ F ₂	-	17	-	2 2	-	2 1
UF ₄	-	71	-	7 8	-	7 4
UO _{2+n}	-	12	-	< 1	-	5
Нас.плотность, г/см ³ (без утр./с утр.)	-	2,55/3,35	-	2,35/3,0	-	2,5/3,2
Коэфф.вибрационного уплотнения, %	-	24	-	22	-	22
Скор-ть истечения, г/с	-	15,4	-	16,6	-	16,7
Коэфф.слип-сти, %	-	18,6	-	14,0	-	-
Уд. поверхность, м ² /г	-	-	-	2,87	-	-

Скорость истечения почти в 3 раза выше, чем исходного диоксида урана, и составила 15–16 г/с, удельная поверхность, наоборот, в 3 раза ниже – 3 м²/г. Содержание в нем уранилфторида изменялось от 4 до 7 %. Фтора в растворимой части больше, чем должно быть по стехиометрии в уранилфториде, на 0,1–0,8 %. Содержание UF_4 рассчитывали по нерастворимому фтору, оно составило 74–87 %.

Таблица 3

Гидрофторирование диоксида урана, полученного восстановлением U_3O_8

Условия получения, состав и свойства продукта	№ опыта			
	1	2	3	4
Производительность по оксиду,	66	86	75,5	73

г/ч				
Температура опыта, °С	250	350	350	400
Время пребывания в печи, мин	40	35	43	46

Продолжение таблицы 3.

Расход БФВ по отн-ию к стех-ому (средний), %	110		83		99 - 106		99 – 109	
Цвет полученного продукта	Зеленовато-черный				Темно-зеленый			
Содержание, % мас.	пр. № 1	пр. №2	пр. №1	пр. №2	пр. №1	пр. №2	пр. №1	пр. №2
U _{общ.}	76,3	77,8	77,1	77,3	73,8	75,1	72,0	74,6
U (4+)	66,3	68,8	72,8	72,9	65,8	66,9	66,2	69,0
F _{общ.}	24,0	19,5	16,0	20,9	18,3	21,9	21,7	21,8
F _{растворимый} (по анализу)	1,7	1,6	0,5	0,7	0,8	0,8	1,4	0,9
F _{растворимый} (по расчету)	-	0,8	0,5	0,7	0,4	0,5	1,0	0,7
U _{растворимый}	-	5,0	3,2	4,2	2,4	3,0	6,3	4,5
UO ₂ F ₂	-	6,0	-	5,0	-	4,0	-	6,0
UF ₄	-	74	-	84	-	87	-	86
UO _{2+n}	-	20	-	11,0	-	9,0	-	8,0
Насыпная плотность, г/см ³ (без утр./с утр.)	-	-	-	3,0/3,8	-	2,9/3,6	-	2,7/3,5
Коэфф.вибрац.уплотнения, %	-	-	-	21	-	19	-	23
Скорость истечения, г/с	-	-	-	16,1	-	>25	-	>25
Гранулы, %: 								

Низкий коэффициент слипаемости профторированных частиц (2,2–1,6) % указывает на отсутствие сил аутогезии.

Таким образом в результате исследований установлено:

- для проведения процессов гидрофторирования диоксида урана необходимы следующие условия: температура 400°С; время пребывания продукта в зоне реакции 40–45 мин; расход БФВ выше стехиометрического на 20–30 %;

- для получения сыпучего продукта в процессе гидрофторирования необходима полная эвакуация влаги из рабочего пространства печи. Это удалось осуществить подачей в печь газообразного азота;

- для увеличения степени фторирования и использования безводного фтороводорода целесообразна организация процесса гидрофторирования в две ступени с противоточным движением твердой и газовой фаз.

ЛИТЕРАТУРА

1 Галкин Н.П. Химия и технология фтористых соединений урана. – М., Атомиздат,

1961. – 374 с.

2 Carl W. Kuhlman, Ir., and Bruce A. Swinehart, Industrial and Engineering Chemistry, 1958, p. 1774 – 1776.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ЭКСТРАКТОРА В АФФИНАЖЕ РАСТВОРОВ УРАНИЛНИТРАТА

Софронов В.Л., Шамин В.И., Чешуяков С.А., Ануфриева А.В.

«Северский технологический институт ФАГОУ ВПО НИЯУ МИФИ», 636036,
г.Северск, Томской области, пр.Коммунистический, 65.

Исследован процесс аффинажа растворов уранилнитрата от лимитируемых примесей на центробежных экстракторах. Определены максимальное насыщение экстрагента ценным компонентом на стадиях экстракции, промывки и реэкстракции, а также коэффициенты очистки по лимитируемым примесям. Подобрано оптимальное соотношение потоков водной и органической фаз при промывке оборотного экстрагента.

На предприятиях России в атомном оружейном и атомном энергопромышленном комплексах нашли широкое применение три вида экстракторов: смесительно-отстойного (СОЭ) типа, колонные пульсационные (КЭ) с насадкой КРИМЗ и центробежные (ЦЭ).

Недостатки СОЭ и КЭ для некоторых технологических процессов оказались существенными, поэтому параллельно продолжалась разработка и создание нового типа экстракторов, в которых разделение водной и органической фаз проводилось в поле центробежных сил.

Сочетание в ступенчатых ЦЭ интенсивных процессов перемешивания растворов в поле силы притяжения и последующего разделения эмульсии в поле центробежных сил позволяет одновременно достичь высокой эффективности массопередачи и высокой удельной производительности. Отмеченные достоинства делают эти экстракторы в большинстве процессов очистки растворов соединений урана более предпочтительными по сравнению с СОЭ и КЭ.

Одно из главных достоинств ЦЭ это то, что после остановок каскада, хотя и происходит расслаивание фаз в каждом экстракторе, после пуска динамическое равновесие и установившийся режим достигаются за несколько секунд; при этом исключается получение некондиционных растворов и необходимость их переработки.

Поле центробежных сил разделяет тонкие эмульсии, недоступные в СОЭ и КЭ, третья фаза «медуза» на границе раздела фаз, образующаяся при определённых условиях в виде тонкой плёнки, тотчас же удаляется из объёма экстрактора.

Для очистки природного урана применяются, в основном, два типа экстракторов – ЭЦ-250 и ЭЦК-320 [1]. В НИКИМТе, г. Москва выпускаются экстракторы типа ЭЦ 33 – для лабораторных исследований, ЭЦ-80, ЭЦ-125, ЭЦК-200 – чаще применяемые для схем, требующих ядерно-безопасного исполнения, низкой производительности или работающие с нестойкими веществами. Выпущена небольшая серия

аппаратов ЭЦ-400, опытно-промышленные испытания которых в процессах переработки природного урана показали, что эти экстракторы требуют доработки.

Центробежные экстракторы успешно эксплуатируются в различных технологических процессах АО «УМЗ», республики Казахстан более 20 лет. С 2003 г. предприятие оказывает услуги по аффинажу Химических концентратов природного урана (ХКПУ). Экстракцию проводят на экстракторах типа ЭЦК-320 и ЭЦ-125, промывку на экстракторах ЭЦ-250 и ЭЦК-320.

На мировом рынке центробежных экстракторов в ядерных технологиях большим успехом пользуются экстракторы французской фирмы «Rousselet Robatel» и российские экстракторы, разработанные и выпускаемые в НИКИМТ.

В обоснование выбора центробежных экстракторов для аффинажа растворов уранила, полученных при растворении концентратов урана, приведём сравнительные данные для различных типов экстракторов, полученные Кузнецовым Г.И. с сотрудниками в НИКИМТе (табл. 2) [2].

Для оценки совершенства экстракционного оборудования использованы следующие коэффициенты технического уровня: объёма $k_v = Q\eta/V$, площади $k_s = Q\eta/S$, мощности $k_p = Q\eta/P$, массы $k_m = Q\eta/m$, где Q , η , V , S , P и m – производительность, эффективность массопередачи, объём, площадь, потребляемая мощность и масса одной ступени экстрактора соответственно.

Таблица 1.

Коэффициенты технического уровня экстракторов

Тип экстрактора	Q , $\text{м}^3/\text{ч}$	k_v , $(\text{м}^3/\text{ч})/\text{м}^3$	k_s , $(\text{м}^3/\text{ч})/\text{м}^2$	k_p , $(\text{м}^3/\text{ч})/\text{кВт}$	K_m , $(\text{м}^3/\text{ч})/\text{т}$
ЦЭ	5	373	20,3	3,3	19,2
СОЭ	7	8,8	7,0	6,4	3,8
КПЭ	7	14,9	28,0	4,6	–
Примечание: ЦЭ – центробежный экстрактор (ЦЕНТРЭК); СОЭ – смесительно-отстойный экстрактор; КПЭ – колонный пульсационный экстрактор					

Экстрактор тем совершеннее, чем меньше рабочий объём V ступени при заданной производительности Q и эффективности массопередачи η , то есть чем больше коэффициент использования объёма k_v . Рабочий объём центробежного экстрактора V включает в себя объём смесительной камеры $V_{ск}$ и объём камеры разделения V_p ($V = V_{ск} + V_p$). Данные таблице 1 показывают заметное преимущество центробежных экстракторов.

Экспериментальная часть

Исследования по экстракционной очистке растворов уранилнитрата от примесей проводили на исследовательском экстракционном каскаде,

который состоял из 4-х основных блоков: экстракции, состоящей из 5-ти ЭЦ-33; промывки - из 5-ти; реэкстракции - из 8-и и блока регенерации экстрагента - из 2-х аппаратов ЭЦ-33.

В качестве органической фазы использовали 30 % раствор ТБФ в углеводородном разбавителе керосине.

Исходную суспензию подавали в 5-ый аппарат экстракционного блока, а органический раствор в 1-ый аппарат этого же блока, т.е.

направление потоков водной и органической фаз – противоточное (рис. 1).

Экстракт далее подавали в 6-ый аппарат промывного блока, а в 10-ый аппарат этого же блока поступал промывной раствор. Экстракт, выходящий из 10-го аппарата промывного блока, подавали в 11-ый аппарат реэкстракционного блока, а промывной раствор, выходящий из 6-го аппарата, выводили в промежуточную емкость, и затем порционно подсоединяли к исходному урановому раствору, подаваемому на экстракцию.

В 18-ый центробежный аппарат реэкстракционного блока подавали раствор азотной кислоты с концентрацией 3...5 г/л, а реэкстракт, выходящий из 11-го аппарата, после определения в нем концентрации ценного компонента и азотной кислоты упаривали. В упаренном реэкстракте определяли содержание ценного компонента и примесей.

Органический раствор, выходящий из 18-го центробежного аппарата реэкстракционного блока, подавали в 19-ый аппарат блока регенерации экстрагента, а в 20-ый аппарат этого же блока подавали раствор, содержащий 30...50 г/л карбоната натрия.

Результаты, проведенных исследований, показывают, что режим предельного насыщения экстрагента ценным компонентом, достигаемый в промывном блоке при промывке экстрагента, позволяет получить наиболее эффективную очистку ценного компонента от лимитируемых примесей. Насыщение же экстрагента ценным компонентом в экстракционном блоке ниже предельного 90...110 г/л позволяет получать водно-хвостовые растворы (рафинаты), сбросные по содержанию ценного компонента.



Рис. 1 - Принципиальная схема экстракционной переработки урановых растворов

Таким образом, результаты проведённых исследований аффинажа растворов уранилнитрата показали высокую эффективность работы центробежных аппаратов. Полученные товарные продукты более глубоко очищены от наиболее трудноотделимых балластных примесей Mo, Th, W, Al, Mn, Fe, Ca, Ta и др. При этом подобраны режимы работы центробежных аппаратов с получением на выходе кондиционных по ценному компоненту водно-хвостовых растворов и определены оптимальные соотношения потоков водных и органических растворов на всех аффинажных операциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Г.И., Пушков А.А., Косоголов А.В. Центробежные экстракторы ЦЭНТРЭК. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. – 214 с.
2. Никипелов Б.В., Никипелов В.Б. Судьбы уранового регенерата // Бюллетень по атомной энергии. – 2002. – № 8. – с. 34 – 40.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУБЛИМАЦИИ ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

Федин А.С., Чичев А.К., 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 исследований технологических свойств гексафторосиликата аммония. Проведено обобщение и анализ всех ранее полученных данных по изучению сублимации гексафторосиликата аммония, после чего выработаны рекомендации по совершенствованию сублимационного оборудования. Предложена конструкция сублиматора тарельчатого типа.

В ФТИ ТПУ ранее была разработана фтораммонийная технология вскрытия кварцсодержащих руд при которой образуется гексафторосиликат аммония (ГФСА). В последствии данный ГФСА может быть использован для получения особо чистого диоксида кремния с содержанием примесей менее 0,001 мас. %, который далее можно применять для карботермического производства «солнечного кремния». Достижение такого уровня чистоты диоксида кремния на практике предлагалось осуществлять через предварительную многоступенчатую сублимационную очистку ГФСА [1].

Настоящая работа посвящена:

- определению технологических свойств очищенного ГФСА;
- объединению всех ранее полученных данных по сублимации ГФСА и выработка рекомендации по совершенствованию сублимационного оборудования;
- разработке собственного варианта сублиматора с учетом рекомендаций.

Среди технологических свойств были исследованы: насыпная плотность и плотность частиц ГФСА, а также площадь удельной поверхности порошка и его гранулометрический состав.

Насыпная плотность ГФСА в свободной засыпке $0,70 \pm 0,02$ г/см³ измерена пикнометрическим методом. В свою очередь, плотность частиц ГФСА, определенная пикнометрическим методом при использовании ацетона в качестве рабочей жидкости, составляет $1,92 \pm 0,14$ г/см³ (здесь и далее оценка доверительного интервала проводилась с помощью распределения Стюдента при доверительной вероятности 0,95). То есть порозность дисперсного слоя ГФСА в свободной засыпке составляет 0,64. Поскольку среднее значение порозности для монодисперсного слоя из шарообразных частиц не превышает 0,40, можно предположить, что такое высокое значение обусловлено тем, что частицы ГФСА после сублимации являются пористыми телами.

Для определения площади удельной поверхности порошка ГФСА был использован метод, основанный на измерении воздухопроницаемости слоя ГФСА при давлении, близком к атмосферному. В результате исследований, проводимых с использованием модификации прибора Товарова, значение площади удельной поверхности порошка ГФСА составляет $4383,8 \pm 273,2 \text{ см}^2/\text{г}$.

В таблице 1 приведен гранулометрический состав ГФСА, определенный с использованием ситового метода. Исходя из гранулометрического состава средневзвешенный диаметр частиц ГФСА составляет $\sim 0,13 \text{ мм}$ при дисперсности $\sim 7,69 \text{ мм}^{-1}$.

Таблица 1

Гранулометрический состав гексафторосиликата аммония

Размер частиц, мм	>1	0,1...1	0,08...0,1	0,05...0,08	<0,05
Доля, мас. %	3,4	3,1	47,2	43,1	3,2

Из данного соотношения технологических свойств можно предположить:

- исследуемый порошок ГФСА представляет собой совокупность мелких гранул с внутренней полый структурой и «оплавленной» внешней поверхностью;
- ввиду отсутствия развитой внешней пористости, нагрев ГФСА с помощью конвективного нагрева будет малоэффективен.

В целом можно подвести следующие итоги исследования сублимации ГФСА:

1. Из существующих трех видов для ГФСА эффективен только нагрев теплопроводностью.
2. Сублимация ГФСА протекает через условно выделенных 7 участков (зон). На всех участках лимитирующим процессом является теплопередача.
3. От начала процесса до степени сублимации $\alpha \approx 25\%$ процесс лимитируется теплопроводностью и температуропроводностью, т.е. теплопередачей от стенки испарителя и внутренним прогревом порошка.
4. От степени сублимации $\alpha \approx 25\%$ до окончания процесса лимитирующим фактором является эффект Лейденфроста, создающий теплоизоляционный газовый слой сопровождающийся локальным псевдоожижением, которые препятствуют передаче тепла от испарителя.
5. При сублимации также выявлена высокая фугитивность ГФСА и температурное расширение газообразного ГФСА (значительно большие, по сравнению с идеальным газом), которые дополнительно интенсифицируют эффект Лейденфроста и значительно увеличивают внутреннее давление в сублиматоре.

6. Температурный режим процесса сублимации в значительной степени зависит от скорости нагрева порошка, и в меньшей от высоты слоя ГФСА и геометрии испарителя.

Исходя из данных результатов исследований были выработаны следующие рекомендации по совершенствованию сублимационного оборудования для ГФСА:

1. При проектировании оборудования следует особое внимание уделить равномерности прогрева порошка, для чего либо необходимо максимизировать удельную площадь нагрева ГФСА теплопроводностью, либо в конструкции сублиматора предусмотреть элементы, позволяющие повысить продуктивность внутреннего прогрева (особенно это актуально для испарителя-стакана).

2. При использовании испарителя-тарелки необходимо обязательно предусмотреть конструктивные элементы, снижающие действие эффекта Лейденфроста.

3. Выбор типа испарителя (тарелки или стакана) носит не принципиальный характер, поскольку несмотря на превалирование в каждом случае одного из эффектов (для тарелки – эффекта Лейденфроста, для стакана – термического сопротивления), температурный режим процесса сублимации будет близкий. Поэтому испаритель нужно определять исходя из критериев целесообразности (например, для упрощения или унификации оборудования), а также конструктивных особенностей исполнения аппарата.

4. Для повышения эффективности нагрев порошка целесообразно осуществлять с наименьшей скоростью, что не только позволит проводить процесс при значительно более низких температурах и снизить энергозатраты, но и улучшить очистку от труднолетучих примесей.

Поскольку анализ литературы показал отсутствие аппаратов сублимационного типа, рассчитанных на работу в условиях наличия эффекта Лейденфроста, был предложен сублиматор именно данного типа.

Главной особенностью аппарата является использование в тарелке-испарителе сетчатого днища, которое препятствует проваливанию порошка, но свободно пропускающее образующуюся газовую фазу (рис.1).

Размер ячейки сетчатого днища выбирается исходя из гранулометрического состава исходного порошка ГФСА, в нашем случае предложена ячейка 0,05x0,05 мм, что позволяет задержать на днище без проваливания до 97 мас. % ГФСА.

Тарелка загружается в аппарат с помощью приваренных 2-х ручек, масса загрузки на тарелку до 5 кг. Фиксация тарелки внутри сублиматора осуществляется на 4-х опорах равномерно размещенных по внешнему периметру обечайки.

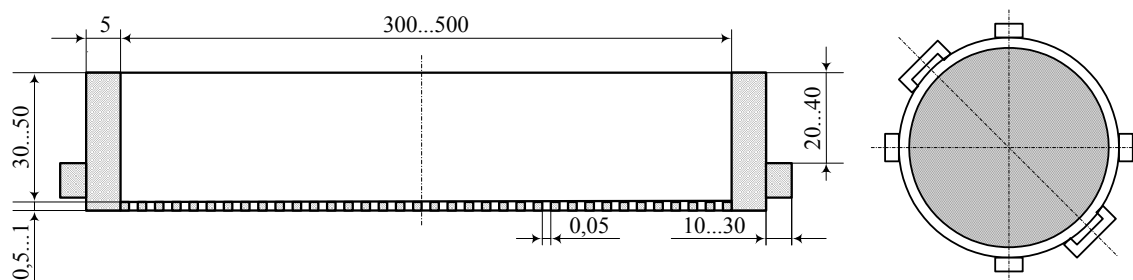


Рис.1. Сетчатая тарелка-испаритель

Принципиальная схема сублиматора приведена на рис.2. Предложенный сублиматор является аппаратом периодического действия. Для обеспечения коррозионной стойкости и улучшения теплопередачи в качестве конструктивного материала выбраны алюмомагниевые сплавы АМг1 и АМг2. Для снижения внутреннего давления и тепловых потерь десублиматор предложено вынести в отдельный аппарат. В сублиматоре может размещаться от 5 до 10 тарелок, т.е. суммарная загрузка составляет 20...50 кг. Рабочее давление в аппарате – до 2 атм, температура на тарелке $\sim 250^{\circ}\text{C}$.

Чтобы исключить образование оксафторидов [2] сублимацию предложено проводить в атмосфере аргона, для чего перед началом работы аппарат продувается этим газом.

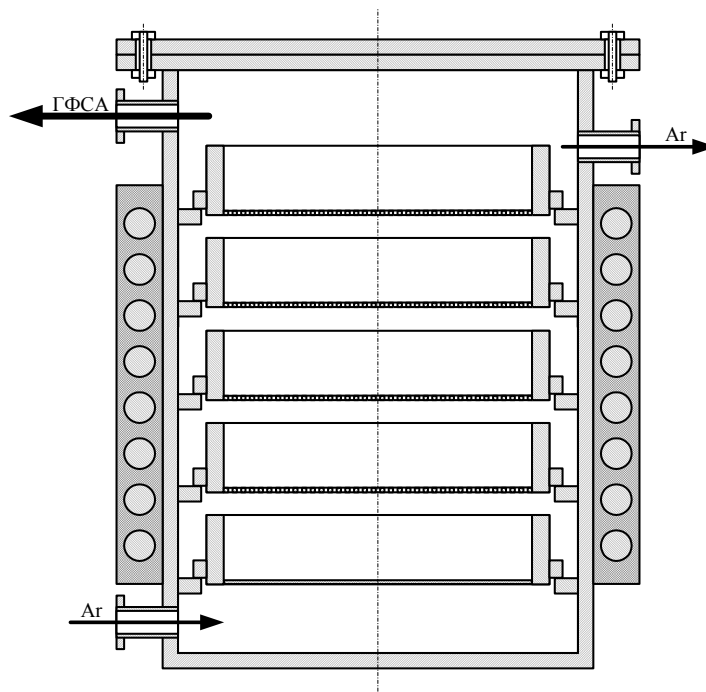
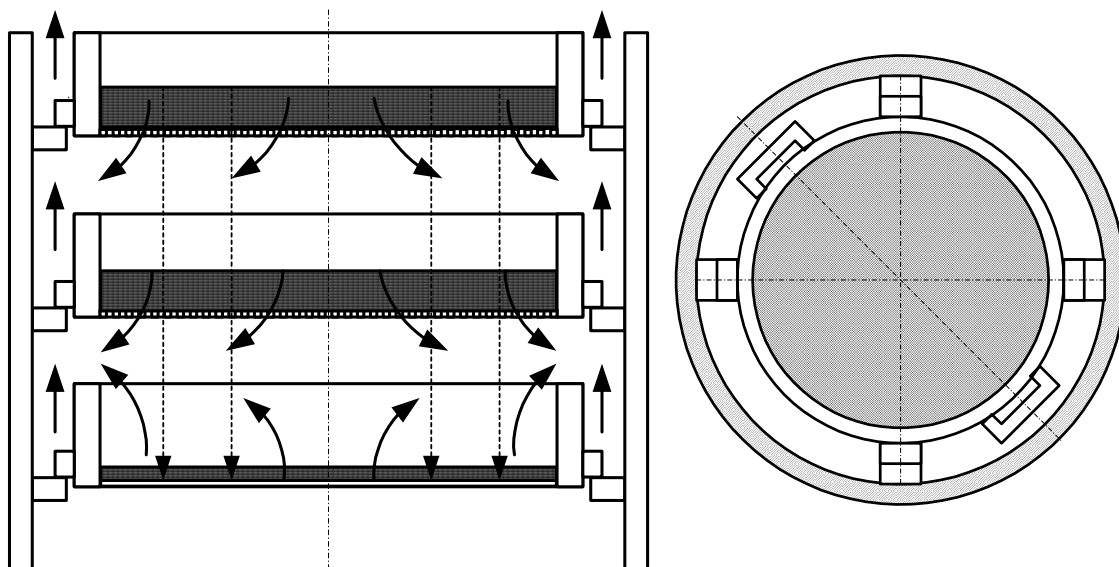


Рис.2. Сетчатая тарелка-испаритель

Принцип работы сублиматора заключается в следующем (рис. 3):

- при снижении размера частицы порошка менее 0,05 мм, она падает на нижестоящую тарелку и т.д., для исключения просыпания вниз аппарата устанавливается обычная тарелка;

- образующаяся газовая фаза через сетчатое днище попадает под тарелку, а далее вдоль стенок аппарата поднимается вверх.



Поскольку наиболее слабым местом в конструкции тарелок (и сублиматора в целом) являются возможные деформации сетчатого днища от температурного расширения и продавливания слоем ГФСА, данный вопрос был проработан дополнительно. Так как, тепловое расширение при данном интервале температур можно отнести к упругой (обратимой) деформации, решено было им пренебречь. Для снижения влияния гравитационной деформации предложено:

- использовать от центра тарелок к их периметру несколько ребер жесткости, которые могут размещаться как сверху сетки, так и снизу.
- при формировании сетчатого днища брать толстую проволоку с $\varnothing 1 \dots 2$ мм и более;
- для днища тарелки вместо сетки брать лист с множественными отверстиями с $\varnothing 0,05$ мм, размещенными по всей площади днища.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов В.А., Дьяченко А.Н., Кантаев А.С. Определение оптимальных параметров сублимационной очистки гексафторосиликата аммония от примесей // Известия ТПУ. – 2010. – Т. 317. – № 3. – С. 73–76
2. 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 РАЗДЕЛЕНИЯ СУСПЕНЗИИ

Шевелёв А.М., Круглов С.Н., Соковилов С.А., Жиганов А.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск,
Томской обл., пр. Коммунистический, 65, E-mail: sham@docsis.ru

При растворении (выщелачивании) химических концентратов природного урана (ХКПУ) в растворах азотной кислоты образуются нерастворимые остатки (НО), в состав которых входят гидратированные оксиды железа, алюминия и других металлов. В процессе экстракционного аффинажа уранилнитрата НО способствуют образованию нерасслаивающихся эмульсий (медуз) водной фазы с экстрагентом – 30 %-ным ТБФ в углеводородном разбавителе, что приводит к нарушению процесса экстракции.

Если экстракционное производство ориентировано на переработку растворов, не содержащих твердой фазы, то нерастворимые остатки следует удалить из растворов. Однако, зачастую при растворении (выщелачивании) ХКПУ образуются суспензии, в которых нерастворимые остатки образуют труднофильтруемые взвеси, такие суспензии трудно разделить на осветленный раствор и осадок.

В способе переработки концентратов оксидов природного урана [1] нерастворимые остатки отделяют от раствора урана фильтрацией или центрифугированием после проведения выщелачивания в несколько стадий, включающих приготовление очень концентрированного раствора урана и разбавление его в горячем виде (что довольно небезопасно) слабым раствором азотной кислоты.

Известен способ разделения суспензий, полученных выщелачиванием ХКПУ раствором азотной кислоты, на твердую и жидкую составляющие [2]. Способ включает введение в азотнокислый раствор уранилнитрата с концентрацией урана 300-450 г/л и азотной кислоты 0,7-3,0 моль/л коагулянта катионного типа марки FLOQULAT FL 45 C в количестве 100-200 мг/л. Затем в суспензию вводят катионный флокулянт марки FO 4140 в количестве 1-10 мг/л. После введения коагулянта и флокулянта нерастворимые остатки отделяли от растворов фильтрацией, получали прозрачные растворы уранилнитрата, пригодные для экстракционного процесса. Этот способ выбран за прототип. Были продолжены исследования по подбору коагулянтов и применению других методов разделения суспензий, полученных выщелачиванием ХКПУ. При этом исходили из того, что содержание взвесей нерастворимого остатка в растворе уранилнитрата не должно превышать 100 мг/л – максимальное содержание при котором на стадии экстракции не наблюдается образование нерасслаивающихся эмульсий.

Задачей изобретения является расширение арсенала способов разделения суспензий, обеспечивающих отделение раствора

уранилнитрата от нерастворимого остатка ХКПУ с достижением остаточного содержания взвесей в растворе не выше 100 мг/л.

Поставленную задачу решают тем, что в способе разделения суспензии, полученной при выщелачивании химического концентрата природного урана раствором азотной кислоты, включающий введение в суспензию коагулянта и отделение осветленного раствора от осадка, на суспензию с анионным коагулянтом на основе полиакриламида, воздействуют постоянным магнитным полем, после чего раствор отделяют от осадка.

Коагулянт вводят в суспензию до концентрации 20-100 мг/л.

Магнитное поле создают постоянным магнитом Ne-Fe-B (напряженность магнитного поля в растворе была равна 730 кА/м) установленным под дном стеклянного стакана (объемом 100 мл) с пробой суспензии.

Способ осуществляют следующим образом.

В способе использовали коагулянт FLOPAM марки AN 923 PWG, представляющий собой анионный сополимер акриламида и акрилата натрия с молекулярной массой $12 \cdot 10^6$ г/моль.

Суспензия, полученная от растворения ХКПУ в растворе азотной кислоты, содержит НО – соединения железа, алюминия и других металлов. В суспензию вводят коагулянт в заданном количестве и воздействуют на суспензию с коагулянтом постоянным магнитным полем. Неожиданным эффектом явилось резкое увеличение эффективности осветления раствора уранилнитрата 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. Перерабатывали ХКПУ с повышенным содержанием железа и алюминия, близким к предельным значениям, приведенным в ASTM C 967– 02 на концентрат урановой руды. Исходные суспензии уранилнитрата готовились растворением ХКПУ в растворе азотной кислоты. Концентрация уранилнитрата 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., алюминия 7,93 % масс. НО составляли менее 0,5 % от объема концентрата. 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 марки AN -923 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, установленного под дном стеклянного стакана с пробой суспензии. В шесть порций суспензии ввели (опустили) постоянный высокоэнергетический магнит Nd-Fe-B 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

Таблица 1

Результаты первой серии опытов

Номер пробы	Продолжительность выдержки суспензии, мин	Оптическая плотность проб.			
		Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4
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

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. Во второй серии опыты 1, 2, 3, 4 проводили как опыт 4 первой серии, только коагулянт вводили до концентрации соответственно 20, 40, 60, 100 мг/л. Результаты опытов приведены 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 освещения суспензии в поле постоянного магнита до 7,5 минут. Дальнейшее увеличение концентрации коагулянта в суспензии не приводит к существенному ускорению освещения суспензии. Реализация заявляемого способа может быть осуществлена, например, пропусканием суспензии с введённым в неё коагулянтом через трубное пространство в поле постоянного магнита. После разделения суспензии раствор направили на экстракцию.

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

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Патент РФ № 2323883, МПК C01G 43/01(2006/01), 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.

Раздел ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЯЧЕЙКИ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

Бузимов С.Ю., Кеслер А.Г., Носков М.Д.

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

Метод скважинного подземного выщелачивания является одним из перспективных методов добычи урана и других металлов. В процессе управления геотехнологическим предприятием необходимо анализировать и прогнозировать геотехнологические показатели работы эксплуатационной ячейки, блока и т.д. Для этого целесообразно использовать геолого-математические модели и методы математического моделирования физико-химической геотехнологии [1].

В ходе работы были проведены сравнительные исследования разработки трех технологических ячеек с разным коэффициентом фильтрации при постоянном дебите и давлении. Проанализировано влияние распределения коэффициента фильтрации на концентрацию урана в продуктивных растворах, массу извлеченного урана, концентрацию кислоты, удельный расход кислоты.

С помощью геотехнологического информационно-моделирующего комплекса были проведены прогнозные расчеты эксплуатации технологической ячейки с тремя разными фильтрациями: 1/1, 1/2 и 1/10.

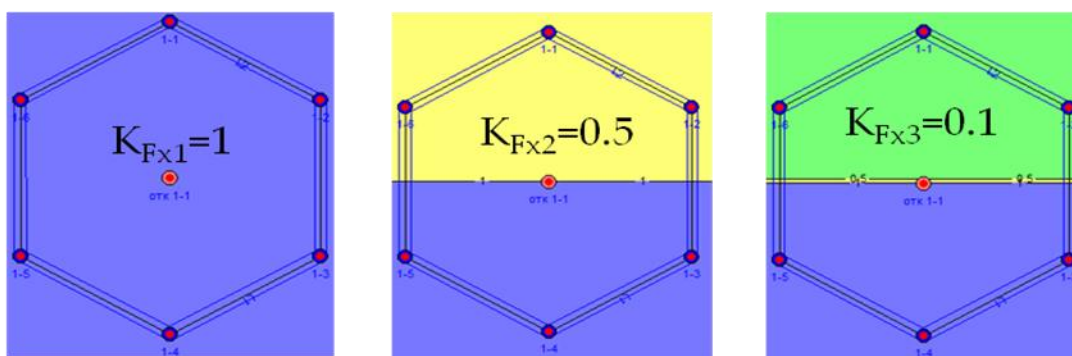


Рис.1. Исходные распределения коэффициента фильтрации

Ниже представлена таблица дебитов скважин при постоянном давлении. сумма дебитов откачки равна сумме дебитов закачки технологической ячейки. Наибольший дебит имеют скважины в зоне повышенной фильтрации, это 3-3, 4-4, 5-5.

Таблица 1.

Дебиты скважин при постоянном давлении

Скважина	Дебит, м ³ /ч при K=1	Дебит, м ³ /ч при K=0.5	Дебит, м ³ /ч при K=0.1
1-1	1.02346	0.680782	0.186745
2-2	1.00842	0.671886	0.184748
3-3	1.00842	1.33619	1.82862
4-4	1.02346	1.34728	1.83224
5-5	1.00842	1.33619	1.82862
6-6	1.00842	0.671886	0.184748
Сумма	6.08	6.04	6.05

При распределении концентрации H_2SO_4 все дебиты одинаковые, поэтому картина распределения получается такой вследствие разной проницаемости породы (рис.2).

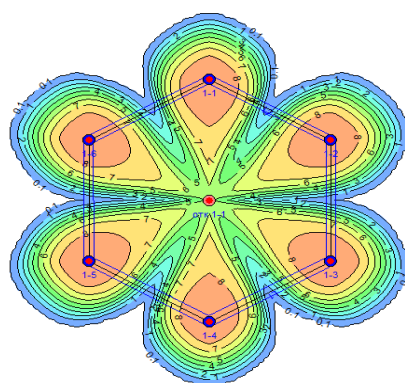
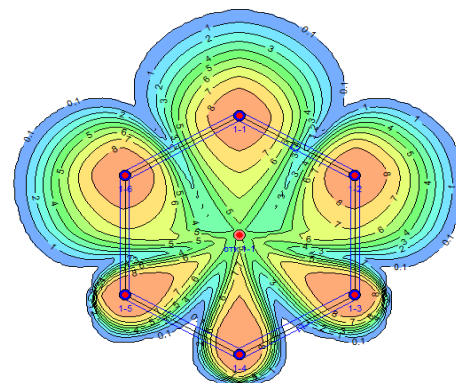
 $K_{Fx1}=1$  $K_{Fx3}=0.1$

Рис.2. Распределение концентрации H_2SO_4 при постоянном дебите (после 6 лет)

При постоянном давлении площадь распределения породы меньше из-за меньшего сопротивления активных растворов. Большие дебиты скважин приводят к повышенной проницательной способности породы (рис.3).

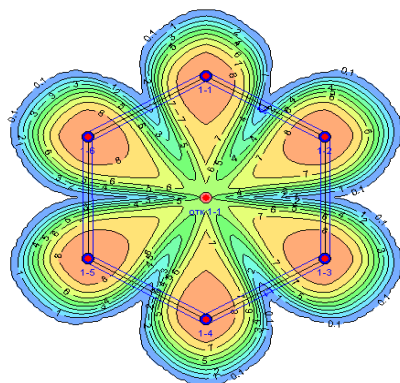
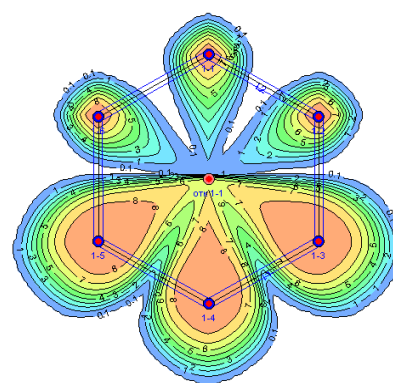
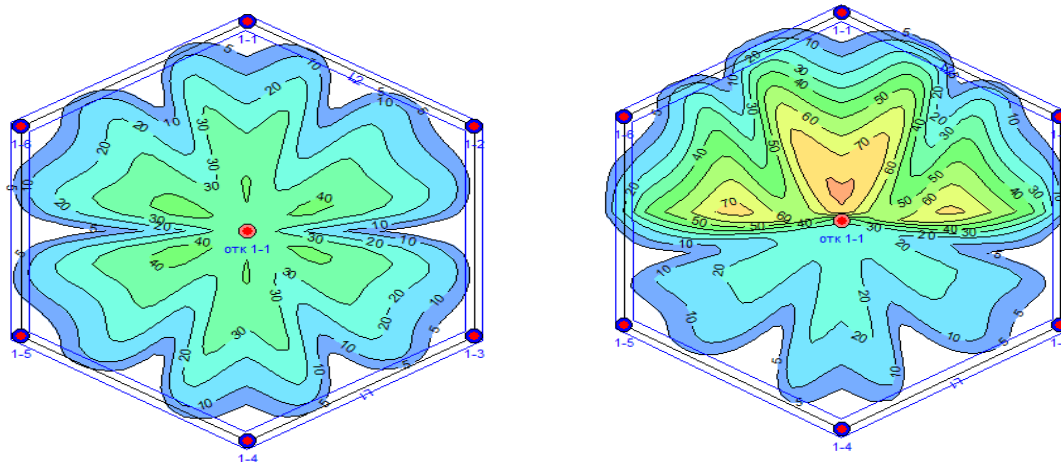
 $K_{Fx1}=1$  $K_{Fx3}=0.1$

Рис.3. Распределение концентрации H_2SO_4 при постоянном давлении (после 6 лет)

Процесс выщелачивания урана при постоянном дебите активнее идет в зоне повышенной фильтрации (рис.4).

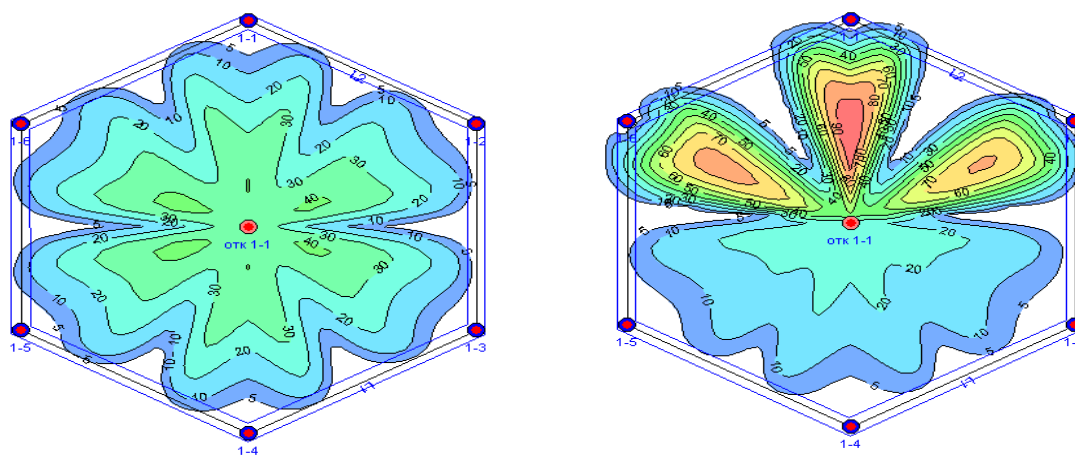


$$K_{Fx1}=1$$

$$K_{Fx3}=0.1$$

Рис.4. Распределение концентрации урана при постоянном дебите
(после 6 лет)

Процесс выщелачивания урана при постоянном давлении практически не идет из-за меньшего сопротивления активных растворов (рис.5).



$$K_{Fx1}=1$$

$$K_{Fx3}=0.1$$

Рис.5. Распределение концентрации урана при постоянном давлении
(после 6 лет)

В течении всего периода моделирования имеет место рост концентрации кислоты. Видно что при постоянном дебите при различной фильтрации концентрация кислоты изменяется незначительно, в отличии от графика при постоянном давлении, при низкой фильтрации концентрация кислоты в выходном растворе ниже (рис.6).

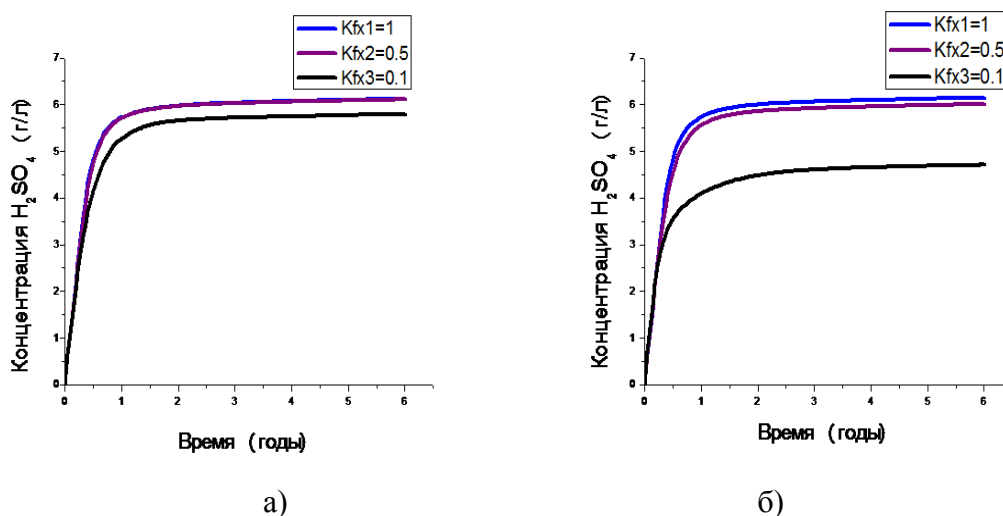


Рис.6. Концентрация кислоты H_2SO_4 : а) при постоянном дебите, б) при постоянном давлении

На графиках (рис.7) заметно снижение концентрации урана, с уменьшением фильтрации, при постоянном давлении это снижение идет быстрее.

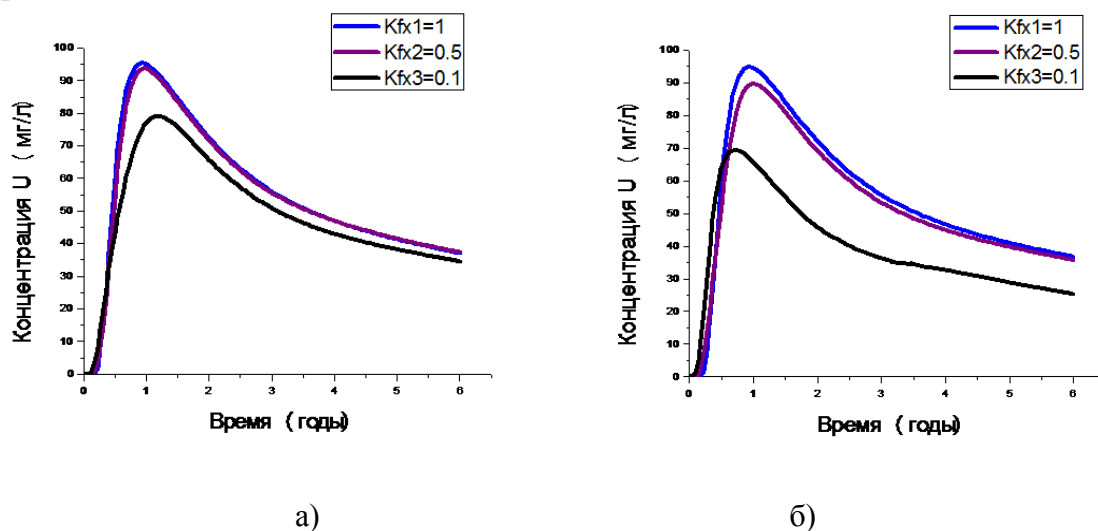


Рис.6. Концентрация кислоты H_2SO_4 : а) при постоянном дебите, б) при постоянном давлении

В таблице 2 представлены результаты моделирования.

Таблица 2.

№ опыта	Тип q, p	K_f/K_{fx}	$q_{отк}$ (для p)	$\langle Cu_{ПР} \rangle$ мг/л	$(Cu_{ПР})_{max}$ мг/л	$\langle C_k_{ПР} \rangle$ г/л
1	p	1/1	6.08026	36.72	94.84	5.31
2	p	1/2	6.04359	35.73	89.67	5.35
3	p	1/10	6.04552	25.30	69.47	5.93
4	q	1/1	6	37.04	95.94	5.28
5	q	1/2	6	37.30	93.72	5.18
6	q	1/10	6	34.51	79.08	4.90

№ опыта	$\frac{ж}{т} \frac{м^3}{т}$	Степень извлечения %	Расход кислоты тыс. т	Извлечено У т	Уд. Расход кислоты кг/кг	Min удельный расход кислоты
1	4.63	51.60	1.36	17.30	78.50	73.20
2	4.64	50.10	1.34	16.50	80.90	75.70
3	4.64	37	1.11	12.20	91.90	87.70
4	4.61	52.20	1.35	17.20	78.60	78.62
5	4.61	51.60	1.38	17.00	81.30	81.26
6	4.61	46.10	1.46	15.20	96.00	95.98

Проанализировано влияние распределения коэффициента фильтрации на концентрацию урана в продуктивных растворах, массу извлеченного урана, концентрацию кислоты, удельный расход кислоты. В результате, при неравномерном распределении коэффициента фильтрации наибольшие показатели работы получаются при постоянном дебите скважин эксплуатационной ячейки. При уменьшении коэффициента фильтрации, как при постоянном давлении так и при постоянном дебите, уменьшается масса извлеченного урана и увеличивается удельный расход кислоты. Но при постоянном дебите скважин, различие намного меньше, чем при постоянном давлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Д.Носков Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания .- Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010.-83 с.
2. Истомин А.Д., Носков М.Д., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Чеглоков А.А. Программный комплекс для управления разработкой месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – № 8, С.376-381.

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ ЗАПАСОВ УРАНА ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ

Гуцул М.В., Истомин А.Д., Носков М.Д.

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

Представлена методика оценки прогнозных запасов урана по данным эксплуатации геотехнологических блоков. Методика основывается на нахождении параметров аппроксимирующей функции методом наименьших квадратов. На основании методики разработано проблемно-ориентированное программное обеспечение для переоценки запасов урана. Рассмотрен алгоритм решения поставленной задачи.

Для прогнозирования и планирования отработки месторождения урана необходимо правильно определять исходный запас урана в эксплуатационных блоках, а также темпы извлечения урана. Результаты оценки запасов урана в технологическом блоке, проведенной на стадии подготовки месторождения к разработке, могут не соответствовать его действительным запасам, поэтому необходимо проводить их корректировку на основе фактических данных эксплуатации блока. Для переоценки запасов целесообразно использовать различные математические методы обработки данных, что позволяет сократить время процесса переоценки, а также повысить точность вычислений.

Предлагается метод расчета запасов урана в эксплуатационном блоке на основе данных фактической отработки. Метод основан на аппроксимации фактической зависимости массы извлеченного урана от показателя Ж/Т (отношение закаченного объема рабочих растворов к горнорудной массе блока) экспоненциальной функцией:

$$M = M_0 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot x}), \quad (1)$$

где M_0 – исходный запас урана в блоке; λ - параметр интенсивности извлечения урана.

Для определения значения параметров функции используется метод наименьших квадратов МНК. В основе данного метода лежит поиск значений коэффициентов регрессии, при которых сумма квадратов отклонений теоретического распределения от эмпирического была бы наименьшей.

$$S = \sum_{i=0}^n (y_i - M_0 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot x_i}))^2, \quad (2)$$

где x_i - показатель ж/т; y_i - фактическая масса извлеченного урана.

Численная реализация метода основана на поиске минимума функции S методом градиентного спуска. Метод градиентного спуска заключается в

движении к точке минимума функции в противоположном градиенту направлении, с постоянным или переменным шагом h :

$$M_{i+1} = M_i - h \cdot \text{grad}S, \quad \lambda_{i+1} = \lambda_i - h \cdot \text{grad}S, \quad (3)$$
$$\text{grad}S = \frac{\partial S}{\partial M} \cdot \vec{i} + \frac{\partial S}{\partial \lambda} \cdot \vec{j},$$

где h – шаг, с которым производится поиск минимума; $\text{grad}S$ – направление наибольшего возрастания функции S ; i, j – единичные орты. Значения, при которых функция минимальна, являются искомыми значениями запаса урана и параметра скорости извлечения урана.

Процесс корректировки запаса урана и параметра скорости взаимодействия включает следующие этапы:

- подготовка массива фактических данных;
- задание начального приближения функции;
- задание точности выполнения расчета;
- расчет требуемых параметров;
- анализ полученных результатов.

Алгоритм предложенного метода представлен на рисунке 1. На первом этапе готовятся массивы исходных данных, задаются начальные приближения определяемых элементов и параметры проведения расчета: исходный запас урана (M_0); параметр скорости взаимодействия урана (λ_0); точность расчета (eps); предельное количество итераций (k).

На следующем этапе производится вычисление значения суммы квадратов отклонений в точке начального приближения, задается начальный шаг движения функции к минимуму.

На третьем этапе определяется направления наискорейшего убывания функции, которое соответствует антиградиенту суммы квадратов отклонений.

Далее проводится проверка абсолютного значения градиента функции. Если это значение меньше eps , тогда $S(M_0, \lambda_0)$ принимается в качестве точки минимума функции. Полученная в этом случае точка, в действительности, не является минимумом. Для нахождения параметров, при которых функция будет минимальной необходимо увеличивать точность расчета.

Если значение градиента больше запускается итерационный процесс, в котором происходит смещение точки текущего приближения в направлении минимума функции, с заданным на предыдущем этапе шагом. Если значение функции в новой точке оказалось больше значения функции в предыдущей точке, то шаг функции уменьшается в два раза. Проводится повторное определение значений функции. Если значение функции меньше, то найденная точка будет точкой отсчета для следующей итерации.

После окончания каждой итерации производится проверка найденных значений требуемых параметров. Условиями останова алгоритма

являются достижение абсолютным значением градиента функции заданной степени точности, а также превышение количества итераций заданного максимального значения. При выполнении первого условия найденные значения параметров, при которых функция имеет минимум, выводятся на экран пользователя. Если выполняется второе условие остановки, то считается что значения функции определены неверно и необходимо проводить повторное вычисление при других начальных данных.

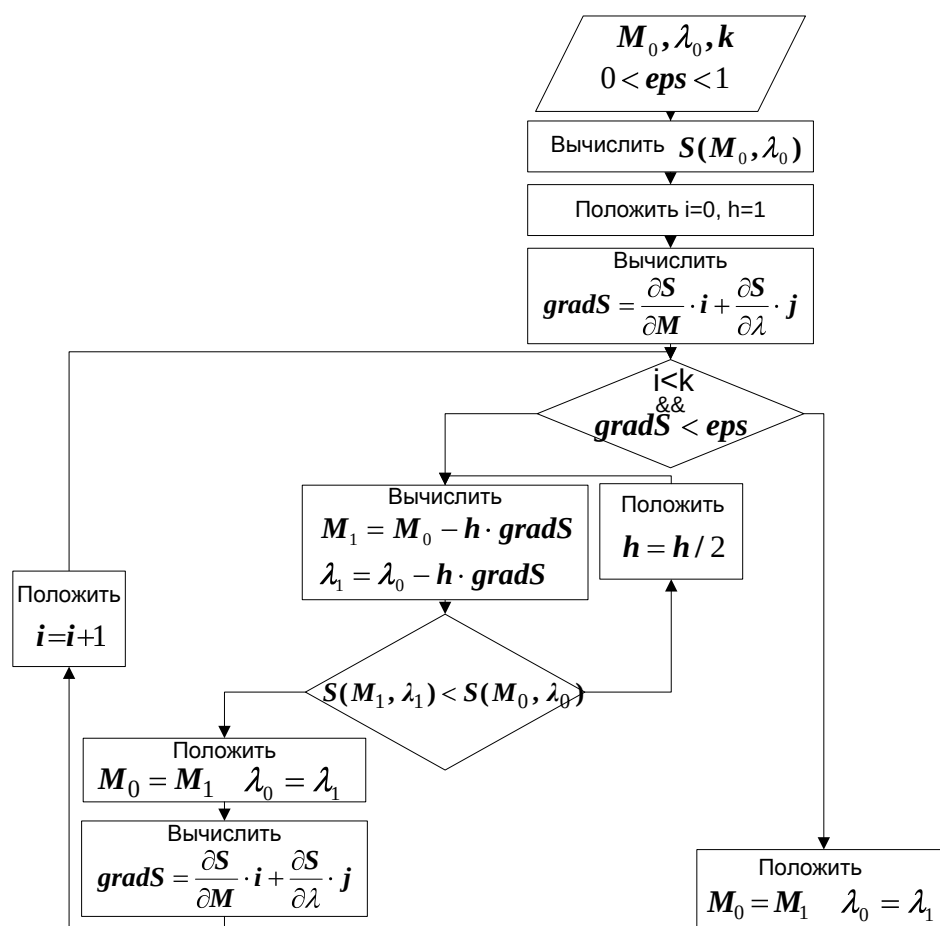


Рис. 1 Алгоритм разработанного метода

На основе разработанного алгоритма создано проблемно ориентированное программное обеспечение. В качестве среды программирования использовался Borland C++ Builder. Программное обеспечение может быть использовано в составе геологического информационно-модулирующего комплекса.

Для оценки адекватности разработанного алгоритма параллельно проводились расчеты необходимых параметров в таких математических пакетах как Mathcad и Mathematica. Пакет Mathcad не позволил получить результат с требуемой степенью точности. Сравнение параметров полученных с помощью математического пакета Mathematica и с помощью

разработанного программного обеспечения, показало малое отклонение результатов, что говорит об адекватности разработанного алгоритма.

Результаты работы программа сравниваются с результатами фактической отработки блока месторождения. При неправильной оценки запасов урана наблюдается расхождение кривой фактической отработки технологического блока и аппроксимирующей кривой (рис. 1 а). Хорошее совпадение аппроксимирующей функции с фактической кривой позволяет говорить о достоверности переоценки запасов урана в блоке (рис. 1 б).

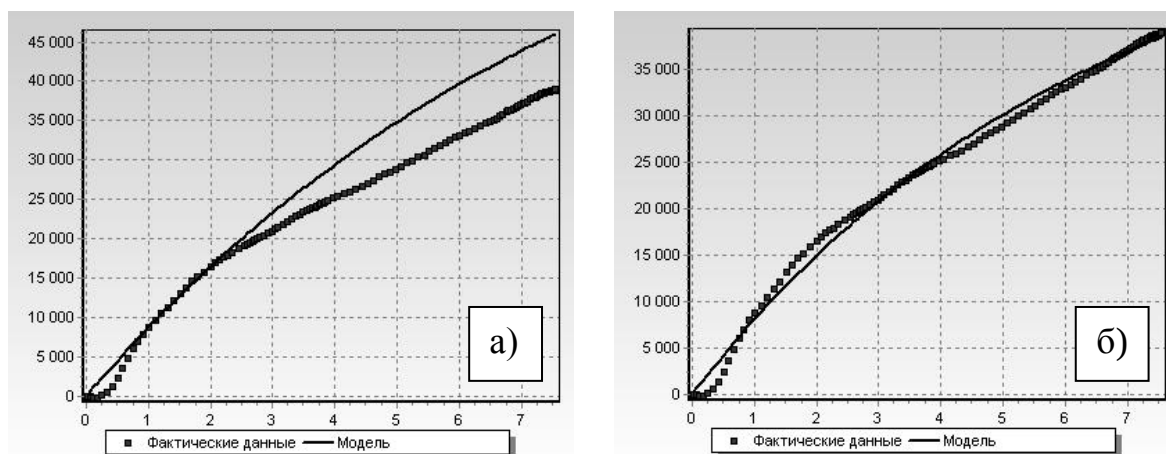


Рис. 2. Сравнение фактических данных эксплуатации и результатов моделирования; а) оценка запасов урана проведена на стадии подготовки месторождения; б) переоценка запасов урана проведена с помощью разработанного программного обеспечения

В ходе работы была разработана методика расчета исходного запаса и параметра скорости извлечения урана на основе данных фактической отработки. На основе данной методики разработано, программное обеспечение, позволяющее проводить переоценку исходного запаса урана в блоке. Результаты работы программного обеспечения могут быть использованы для переоценки движения запасов, повышения качества планирования фактической отработки блоков, повышение эффективности компьютерного моделирования процесса СПВ.

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

ВЛИЯНИЕ ДЕБИТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ МЕТОДОМ СПВ

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

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

В работе рассматриваются способы оптимизации работы геотехнологического предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Представлены результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от среднего дебита откачных скважин. Показано, что существуют дебиты обеспечивающие максимальное значение средней концентрации урана в продуктивных растворах (ПР) и минимальное значение ж/т отработки блока, при известном расстоянии между рядами и составах выщелачивающих растворов (ВР).

Определение оптимальных режимов подачи ВР является одним из способов повышения эффективности работы геотехнологического предприятия по добыче урана методом СПВ. В настоящей работе приводятся результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от среднего дебита откачных скважин.

Исследование проводилось для модельного блока, разбуренного по сгущенной рядной схеме поперек рудного тела (рис. 1). Геотехнологические условия модельного блока, а также параметры взаимодействия ВР с рудовмещающей породой, совпадали с соответствующими условиями и параметрами реального блока. Расчеты проводились до достижения 70% от исходных запасов урана в блоке. Рассматривались зависимости геотехнологических показателей от среднего дебита откачных скважин. Остальные технологические параметры отработки не изменялись. Основные геологические характеристики и технологические параметры блока приведены в таблицах 1, 2.

На рис. 2 приведены зависимости максимальной и средней на момент 70% извлечения концентрации урана от среднего относительного дебита (отношение среднего дебита к мощности пласта) откачных скважин. При небольших относительных дебитах наблюдаются низкие значения как средней, так и максимальной концентрации урана в ПР. Это связано с длительным временем контакта ВР с рудовмещающей породой вдоль пути фильтрации, снижением концентрации кислоты ниже равновесной и как следствие выпадение урана из порового раствора. С ростом относительного дебита наблюдается увеличение концентраций вплоть до достижения максимального значения. Дальнейшее уменьшение времени

контакта ВР с породой вдоль пути фильтрации приводит к снижению насыщения порового раствора ураном и уменьшением средней концентрации урана в ПР. Максимальная концентрация урана в ПР достигает наибольшего значения при относительном дебите равном $0.78 \text{ м}^2/\text{ч}$. Средняя концентрация урана в ПР на момент 70% извлечения достигает наибольшего значения при относительном дебите равном $0.88 \text{ м}^2/\text{ч}$.

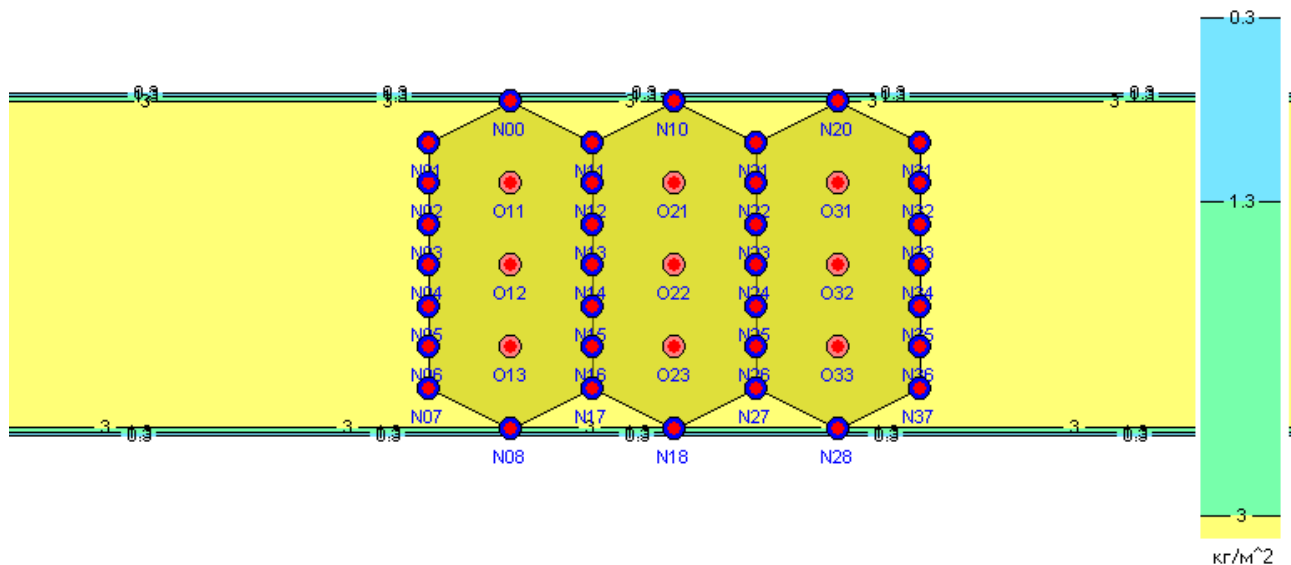


Рис.1. Исходное распределение продуктивности на модельном блоке

Таблица 1. Основные геологические характеристики модельного блока

№	Характеристика	Размерность	Значение
1	Показатель кислотности (pH)		8.2
2	Пористость	Доля	0.3
3	Проточная пористость	Доля	0.15
4	Плотность породы	кг/м ³	1650
5	Коэффициент фильтрации	м/сут	3
6	Содержание кислотопоглощающего минерала	кг/т	81
7	Содержание восстанавливающего минерала	гэкв/т	2500
8	Содержание урана в рудном теле	%	0,021
9	Содержание урана за пределами рудного тела	%	0
10	Эффективная мощность	м	9

Таблица 2. Основные технологические параметры модельного блока

№	Параметр	Размерность	Значение
1	Концентрация кислоты в ВР	г/л	9
2	Суммарная концентрация окислителя и Fe в ВР	мг/л	1300
3	Eh ВР	мВ	430
4	Расстояние между скважинами в откачном ряду	м	40
5	Расстояние между рядами	м	40

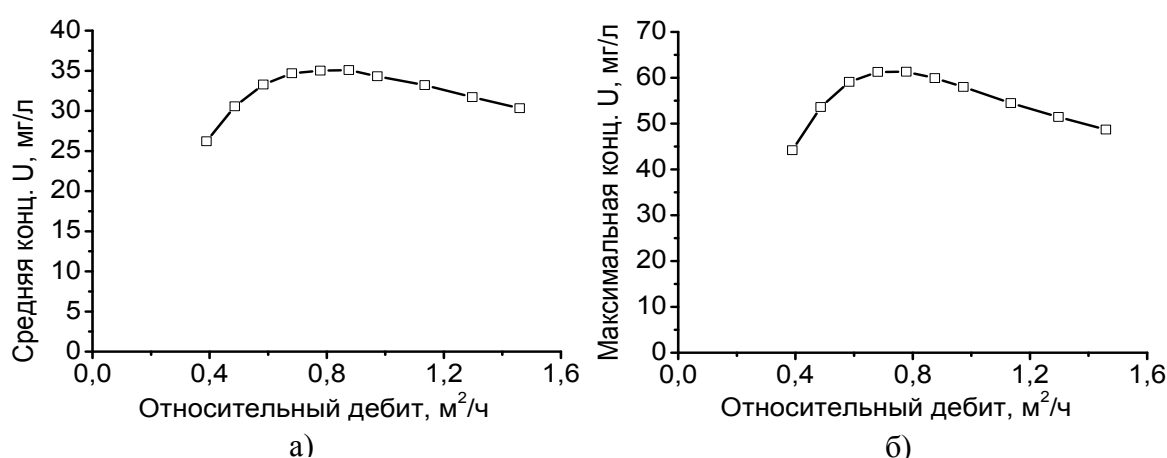


Рис.2. Зависимость значений средней на момент 70% извлечения (а) и максимальной (б) концентраций урана в ПР от усредненного относительного дебита откачных скважин

На рис. 3 приведены зависимости ж/т и времени отработки блоков от усредненного относительного дебита откачных скважин. Время отработки монотонно снижается с увеличением относительного дебита (рис. 3 а). Наиболее интенсивно данное снижение проявляется в области малых дебитов. Зависимость ж/т отработки блока от среднего относительного дебита коррелирует с зависимостью среднего значения концентрации урана в ПР. Минимум ж/т отработки соответствует относительному дебиту, при котором наблюдается наибольшее значение средней концентрации урана в ПР.

Кислотоемкость породы определяется глубиной нейтрализации сернокислотных растворов при движении ВР от нагнетательных скважин к откачным. Удельный расход кислоты совместно определяется расходом кислоты и растворением урана при движении растворов вдоль пути фильтрации. С ростом относительного дебита и уменьшением времени контакта ВР с рудовмещающей породой происходит как снижение кислотоемкости, так и уменьшение удельного расхода кислоты (рис. 4). Наиболее интенсивное снижение наблюдается в области малых дебитов.

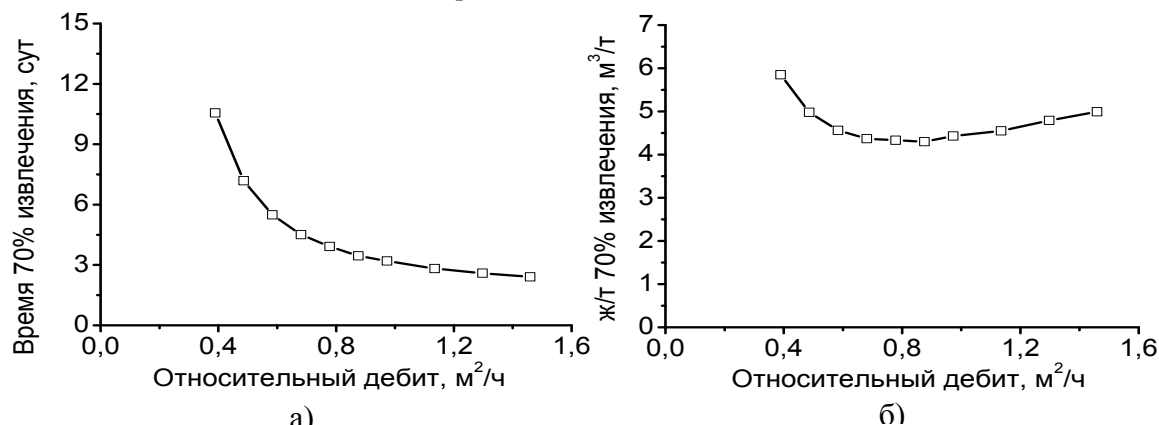


Рис. 3. Зависимость времени отработки (а) и показателя ж/т (б) на момент 70% извлечения от усредненного относительного дебита откачных скважин

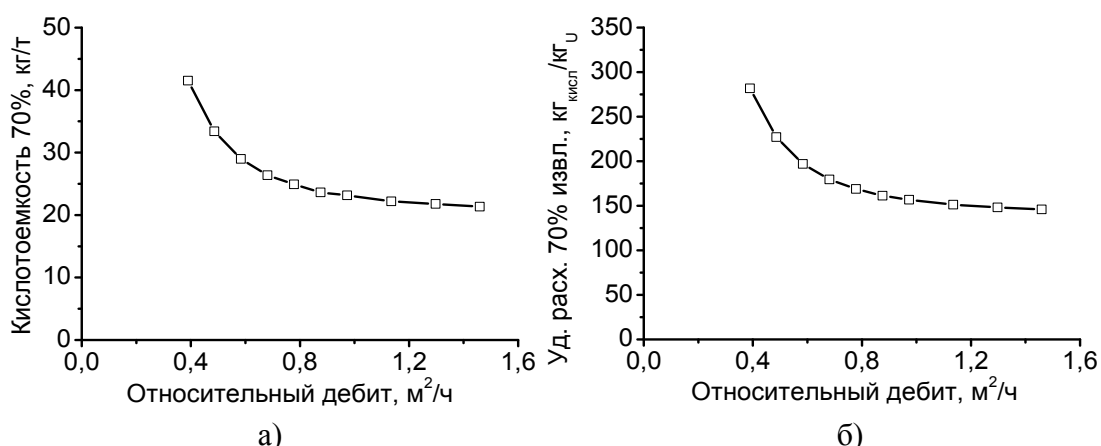


Рис. 4. Зависимость кислотоемкости (а) и удельного расхода кислоты (б) на момент 70% извлечения от среднего относительного дебита откачных скважин

Таким образом, с помощью метода компьютерного моделирования проведены исследования и установлены основные закономерности зависимости геотехнологических показателей отработки блока от среднего относительного дебита откачных скважин. Показано, что существуют значения дебитов обеспечивающие максимальное значение средней концентрации урана в ПР и минимальное значение ж/т отработки блока для конкретных значений расстояний между рядами и составов ВР.

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

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОТЫ В ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИХ РАСТВОРАХ НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ МЕТОДОМ СПВ

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

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

В работе рассматриваются способы повышения эффективности работы геотехнологического предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Представлены результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от концентрации кислоты в выщелачивающих растворах (ВР). Показано, что существуют значения концентрации кислоты в ВР, обеспечивающие минимальные значения кислотоемкости и удельного расхода кислоты на момент отработки блока, при известном расстоянии между рядами и дебите скважин.

Одним из путей повышение эффективности работы геотехнологического предприятия по добыче металлов методом СПВ является определение оптимального содержания реагентов в выщелачивающем растворе (ВР). В настоящей работе приводятся результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от концентрации серной кислоты в ВР при СПВ урана.

Исследование проводилось для модельного блока, разбуренного по сгущенной рядной схеме (рис. 1). Геотехнологические условия модельного блока, а также параметры взаимодействия ВР с рудовмещающей породой соответствовали условиям и параметрами реального блока. Расстояния между рядами и скважинами в ряду полагались фиксированными. Также полагались постоянными дебиты скважин. Основные геологические характеристики и технологические параметры модельного блока приведены в таблицах 1, 2. Расчеты проводились до достижения 70% степени извлечения.

Зависимости геотехнологических показателей от концентрации кислоты в ВР приведены на рис. 2 – 4. С ростом концентрации кислоты в ВР монотонно возрастают: концентрация кислоты в ПР, максимальная и средняя концентрация урана в ПР за время отработки (рис. 2). Напротив, время и ж/т отработки блока монотонно убывают с ростом концентрации кислоты в ВР (рис. 3). Наиболее существенно снижение данных показателей проявляется в области низких концентраций кислоты в ВР.

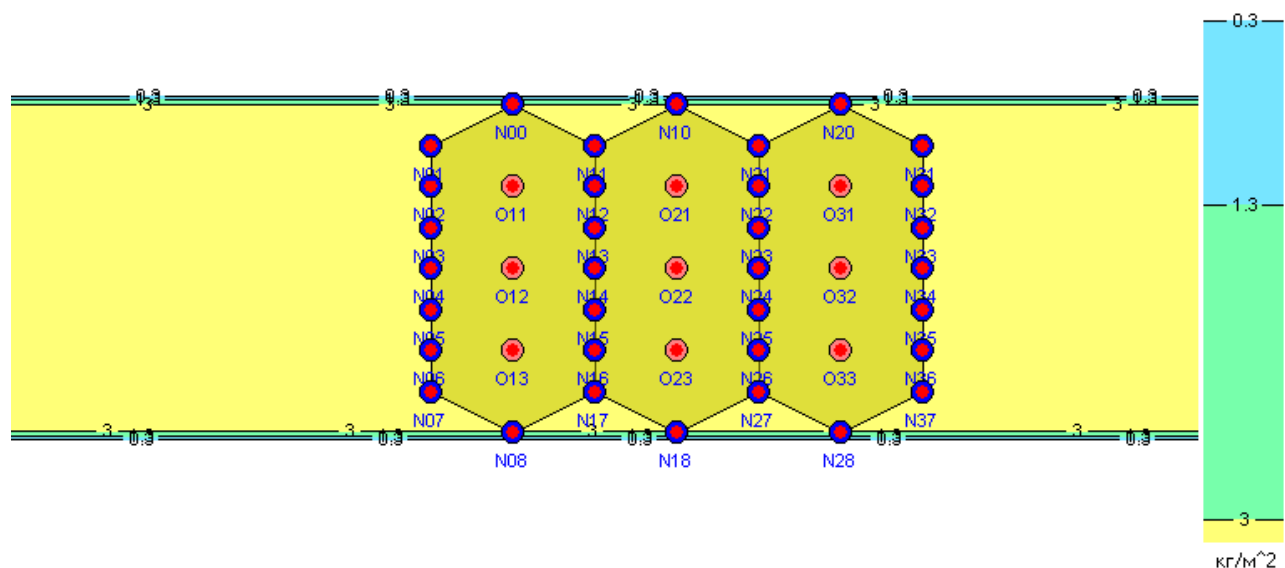


Рис.1. Исходное распределение продуктивности на модельном блоке

Таблица 1 – Основные геологические характеристики модельного блока

№	Характеристика	Размерность	Значение
1	Показатель кислотности (pH)		8,2
2	Пористость	Доля	0,3
3	Проточная пористость	Доля	0,15
4	Плотность породы	кг/м ³	1650
5	Коэффициент фильтрации	м/сут	3
6	Содержание кислотопоглощающего минерала	кг/т	81
7	Содержание восстанавливающего минерала	гэкв/т	2500
8	Содержание урана в рудном теле	%	0,021
9	Содержание урана за пределами рудного тела	%	0
10	Эффективная мощность	м	9

Кислотоемкость породы на момент отработки блока определяется интенсивностью нейтрализации кислоты рудовмещающей породой и временем отработки. Интенсивность нейтрализации кислоты породой растет с ростом концентрации кислоты в ВР, что ведет к росту кислотоемкости. С другой стороны с увеличением концентрации кислоты в ВР снижается время отработки блока, что приводит к снижению расхода кислоты и кислотоемкости.

Таблица 2 – Основные технологические параметры модельного блока

№	Параметр	Размерность	Значение
1	Средний относительный дебит откачки	м ² /ч	0.88
2	Суммарная концентрация окислителя и Fe в ВР	мг/л	1300
3	Eh ВР	мВ	430
4	Расстояние между скважинами в откачном ряду	м	40
5	Расстояние между рядами	м	40

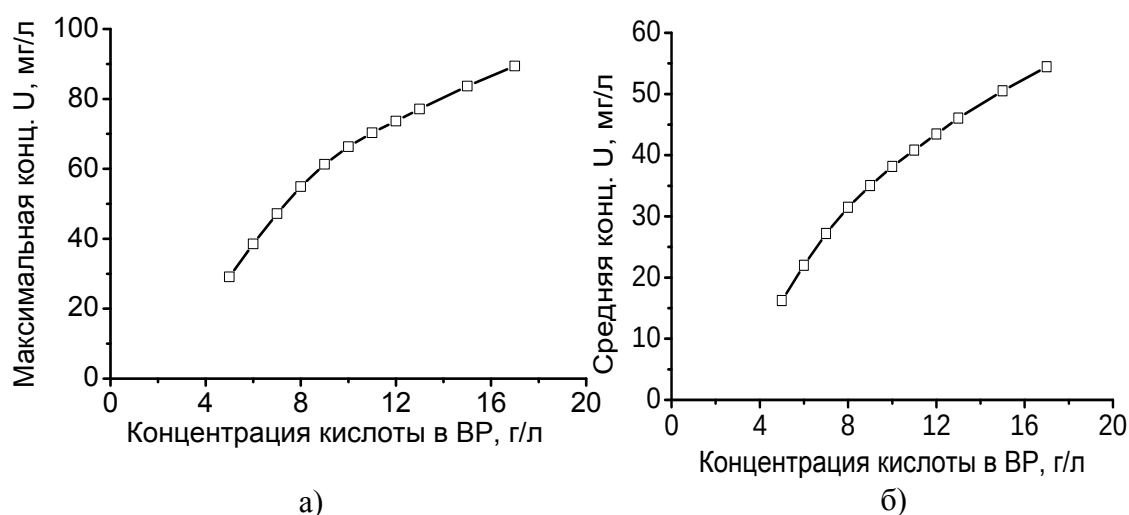


Рис. 2 – Зависимость значений максимальной (а) и средней на момент 70% извлечения концентраций урана в ПР (б) от концентрации кислоты в ВР для модельного блока

Зависимость кислотоемкости от концентрации кислоты в ВР для модельного блока представлена на рис. 4 а. В области низких концентраций наблюдается снижение кислотоемкости с ростом концентрации кислоты в ВР, связанное с уменьшением времени отработки блока. С дальнейшим ростом концентрации кислоты (начиная с 9 г/л), уменьшение времени отработки блока компенсируется ростом интенсивности нейтрализации кислоты и кислотоемкость практически не изменяется. При значении концентрации кислоты в ВР 13 г/л кислотоемкость достигает минимального значения, после чего наблюдается ее незначительный рост. Зависимость удельного расхода кислоты (рис. 4 б) ведет себя схожим образом. Минимальное значение удельного расхода достигается при концентрации кислоты в ВР равной 13 г/л.

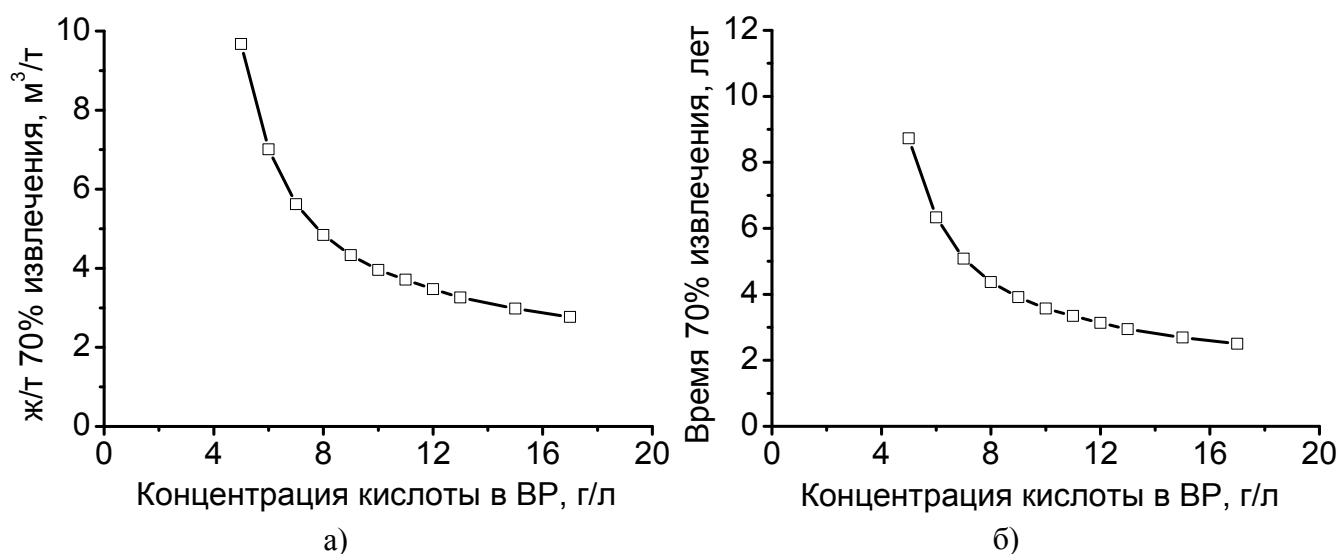


Рис. 3 – Зависимость значений показателя ж/т (а) и времени (б) 70% извлечения от концентрации кислоты в ВР для модельного блока

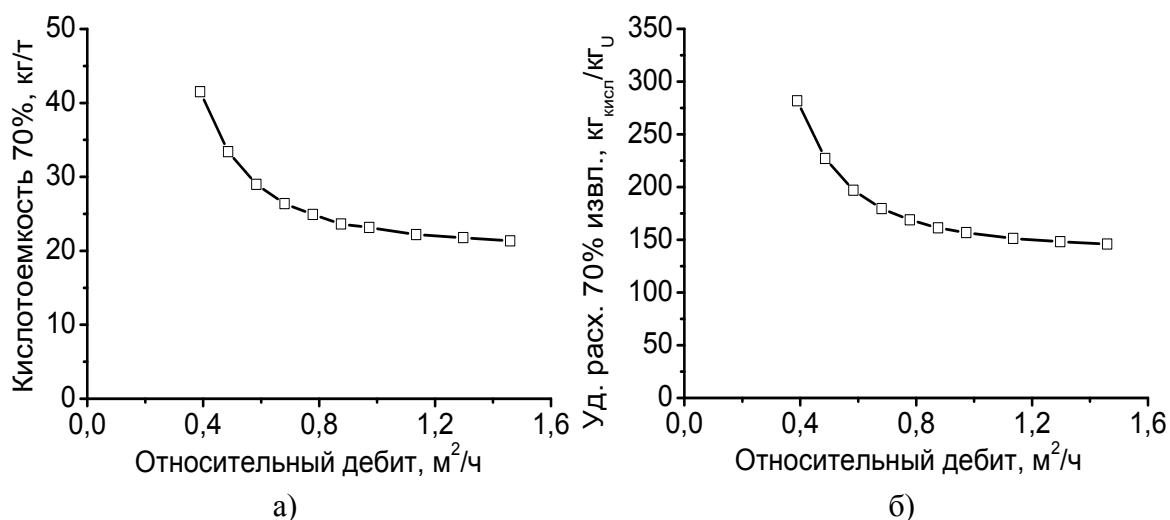


Рис. 4 – Зависимость кислотоёмкости (а) и удельного расхода кислоты (б) на момент 70% извлечения от среднего относительного дебита откачных скважин

Таким образом, проведены численные исследования и установлены основные закономерности изменения геотехнологических показателей отработки блока в зависимости от концентрации кислоты в ВР. Показано, что существует значение концентрации кислоты в ВР обеспечивающее минимальные значения кислотоёмкости и удельного расхода кислоты на момент отработки блока для конкретных значений расстояний между рядами и дебитов скважин.

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

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СКВАЖИНАМИ НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ МЕТОДОМ СПВ

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

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

В работе рассматриваются способы повышения эффективности отработки блоков при добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Представлены результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от расстояния между нагнетательными и откачными рядами. Показано, что существует расстояние между рядами обеспечивающее максимальное значение средней концентрации урана в продуктивных растворах (ПР) и минимальное значение ж/т отработки блока.

Одним из способов повышения эффективности работы геотехнологического предприятия по добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является определение оптимальных параметров технологической схемы на стадии проектирования блоков. В настоящей работе приводятся результаты численных исследований зависимости геотехнологических показателей отработки от расстояния между нагнетательными и откачными скважинами.

Исследования проводились для модельного блока со сгущенной рядной схемой разбуренной поперек рудного тела. Геотехнологические условия модельного блока, а также параметры взаимодействия выщелачивающего раствора (ВР) с рудовмещающей породой, совпадали с соответствующими условиями и параметрами реального блока. Адекватность определения параметров взаимодействия ВР с породой подтверждается хорошее совпадение результатов моделирования с данными фактической эксплуатации блока (рис. 1). Расчеты проводились до момента 70% извлечения урана. Основные геологические характеристики и технологические параметры модельного блока приведены в таблицах 1, 2.

На рис.2 приведены зависимости максимальной и средней на момент проработки блока концентрации урана в ПР от расстояния между рядами. При малом расстоянии, так и максимальная концентрации урана в ПР растут с увеличением расстояния. Это связано с ростом пути фильтрации, увеличением времени контакта ВР с рудовмещающей породой и как следствие большим насыщением ПР ураном. С другой стороны увеличение расстояния между рядами приводит к более интенсивной нейтрализации кислоты породой при миграции ВР от нагнетательных скважин к откачным. При этом, поровый раствор может оказаться перенасыщенным и уран начнет переотлагаться.

Для геотехнологических условий и технологических параметров модельного блока наибольшего значения средняя и максимальная концентрации урана в ПР достигают при расстоянии между рядами равном 40м. Дальнейший рост расстояний сопровождается снижением значений средней, максимальной и текущей концентраций урана в ПР.

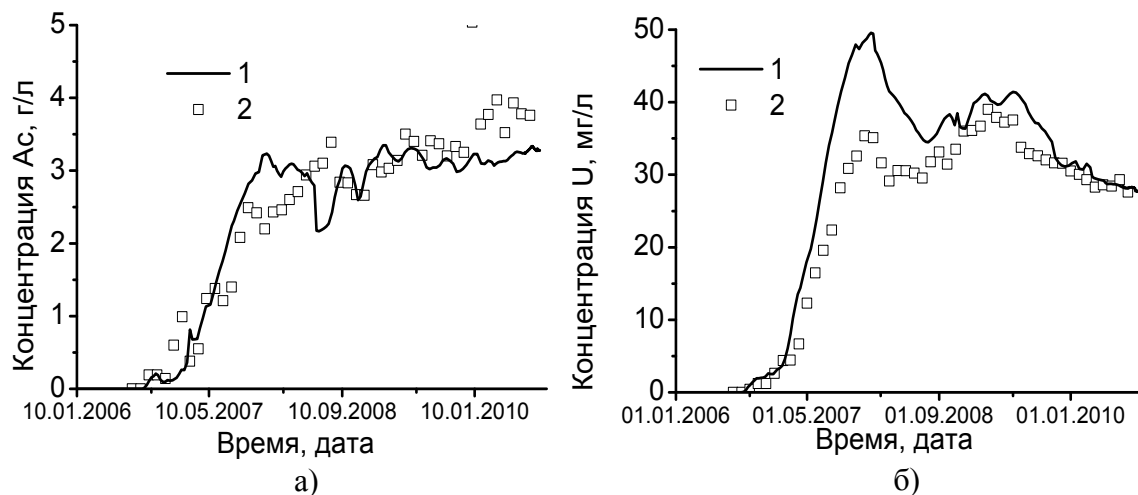


Рис. 1. Сравнение результатов моделирования концентрации кислоты (а) и урана (б) с данными фактической эксплуатации блока.
1 – моделирование, 2 – данные фактической эксплуатации

Таблица 1 – Основные геологические характеристики модельного блока

№	Характеристика	Размерность	Значение
1	Показатель кислотности (рН)		8.2
2	Пористость	Доля	0.3
3	Проточная пористость	Доля	0.15
4	Плотность породы	кг/м ³	1650
5	Коэффициент фильтрации	м/сут	3
6	Содержание кислотопоглощающего минерала	кг/т	81
7	Содержание восстанавливающего минерала	гэкв/т	2500
8	Содержание урана в рудном теле	%	0,021
9	Содержание урана за пределами рудного тела	%	0
10	Эффективная мощность	м	9

Время отработки монотонно растет с увеличением расстояния между рядами (рис. 3 а). Значение ж/т отработки определяется средним значением концентрации урана в ПР (рис. 3 б). При низких расстояниях между рядами ж/т отработки снижется с ростом расстояний и средней

концентрации урана в ПР. Минимум ж/т отработки соответствует расстоянию, при котором наблюдается наибольшее значение средней концентрации урана в ПР. Дальнейший рост расстояния между рядами сопровождается увеличением значения ж/т отработки блока.

Таблица 2 – Основные технологические параметры модельного блока

№	Параметр	Размерность	Значение
1	Концентрация кислоты в ВР	г/л	9
2	Суммарная концентрация окислителя и Fe в ВР	мг/л	1300
3	Eh ВР	мВ	430
4	Расстояние между скважинами в откачном ряду	м	40
5	Средний дебит откачной скважины	м ³ /ч	6,13

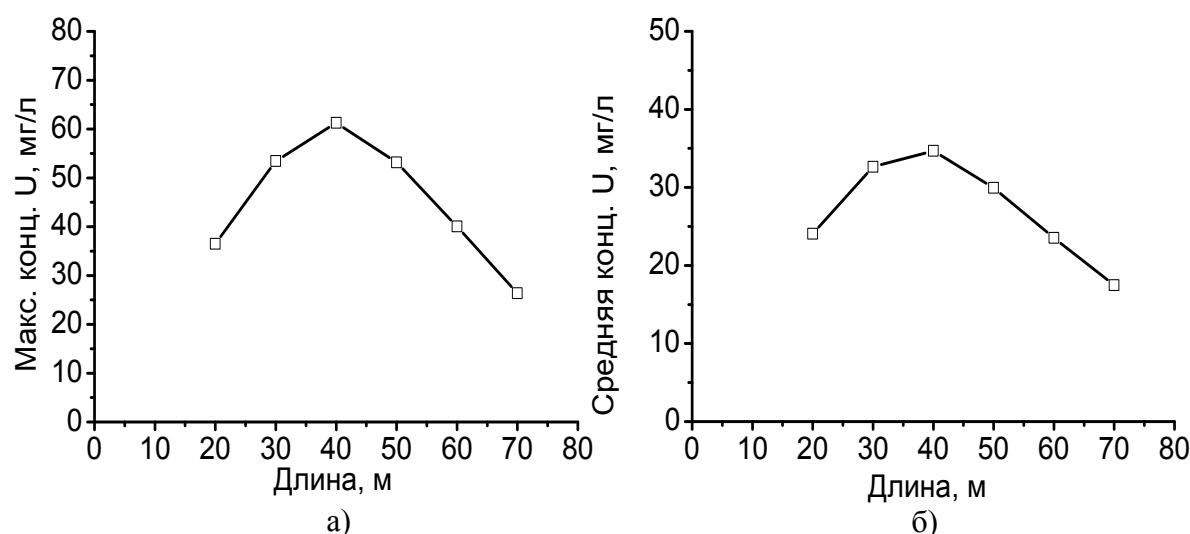


Рис. 2. Зависимость значений максимальной (а) и средней на момент 70% извлечения (б) концентраций урана в ПР от расстояния между рядами для

Кислотоемкость породы определяется глубиной нейтрализации сернокислотных растворов при движении ВР вдоль пути фильтрации и растет с увеличением расстояния между рядами. Удельный расход кислоты совместно определяется расходом кислоты и растворением урана при движении растворов от нагнетательных скважин к откачным. При геотехнологических условиях характерных для модельного блока наблюдается рост кислотоемкости и удельного расхода кислоты с увеличением расстояния между рядами (рис. 4). Наиболее интенсивное возрастание имеет место в области больших расстояний.

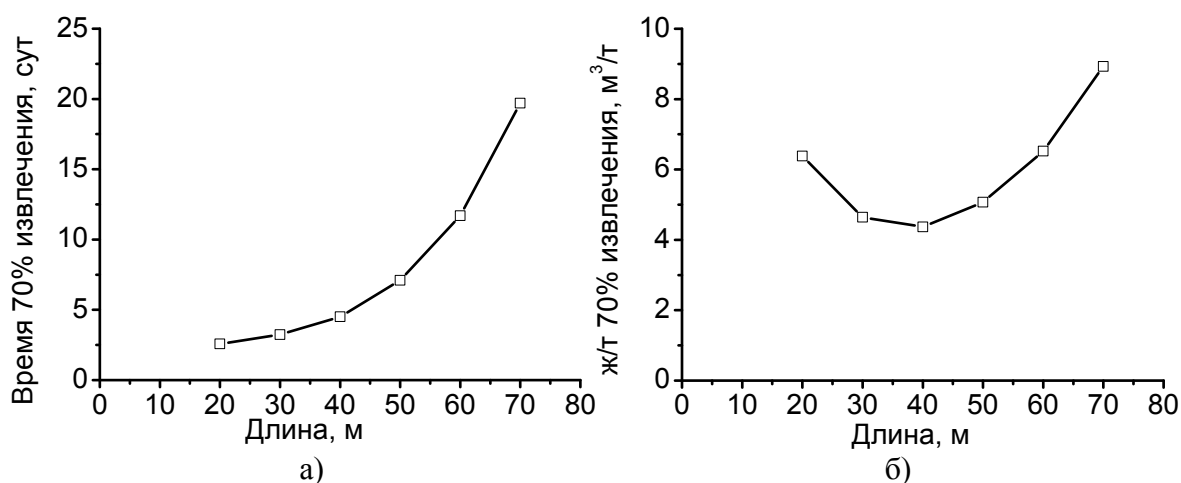


Рис. 3. Зависимость времени отработки (а) и показателя ж/т (б) на момент 70% извлечения от расстояния между рядами для модельного блока

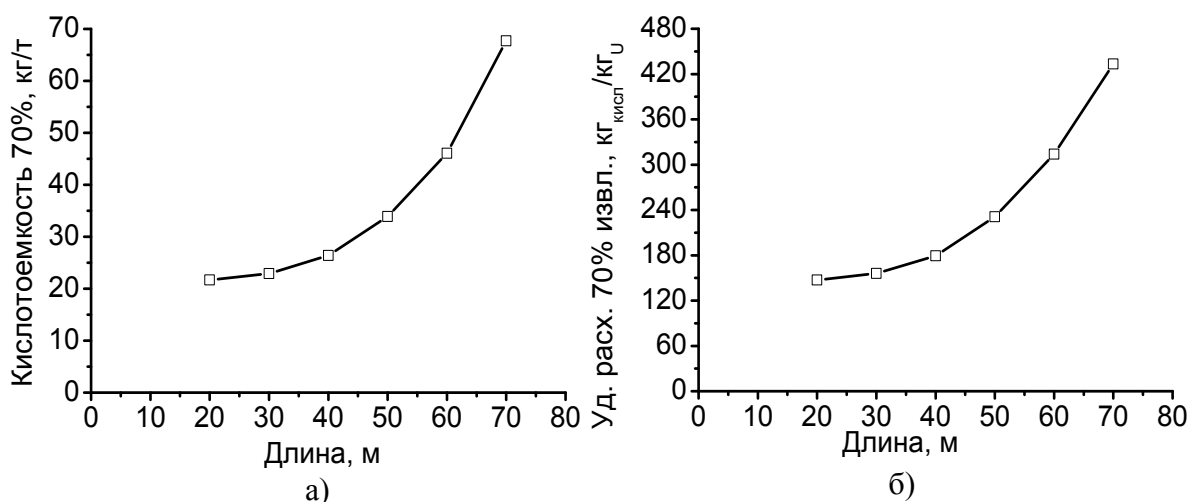


Рис. 4. Зависимость кислотоемкости (а) и удельного расхода кислоты (б) на момент 70% извлечения от расстояния между рядами для модельного блока

Таким образом, выполнены численные исследования и установлены основные закономерности изменения геотехнологических показателей отработки блока в зависимости от расстояния между рядами. Показано, что существует расстояние между рядами обеспечивающее максимальное значение средней концентрации урана в ПР и минимальное значение ж/т отработки блока для конкретных значений дебитов и концентрации кислоты в ВР.

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

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЯЧЕЙКИ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

Коновальцов М.И., Кеслер А.Г., Носков М.Д.

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

В статье проведены сравнительные исследования разработки двух технологических ячеек с разным расположением рудного тела в продуктивном горизонте. Проанализировано влияние выхода рабочих растворов за пределы геометрического контура ячейки на ее геотехнологические показатели.

Метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является одним из перспективных методов добычи урана и других металлов. В процессе управления геотехнологическим предприятием необходимо анализировать и прогнозировать геотехнологические показатели отработки эксплуатационной ячейки, блока и месторождения в целом. Для этого целесообразно использовать геолого-математические модели и методы математического моделирования физико-химической геотехнологии [1].

В настоящей работе было выполнено исследование влияния распределения продуктивности на геотехнологические показатели отработки. Исследование проводилось методом математического моделирования на примере гексагональной технологической ячейки. Для проведения численных расчетов был использован геотехнологический информационно-моделирующий комплекс, который позволяет проводить моделирование процесса сернокислотного СПВ, а также создавать цифровые модели геологической среды и объектов добычного комплекса [2].

Расстояние между откачной скважиной и закачными составляло 40 м. Значения всех характеристик продуктивного горизонта были установлены одинаковыми, за исключением границ рудного тела.

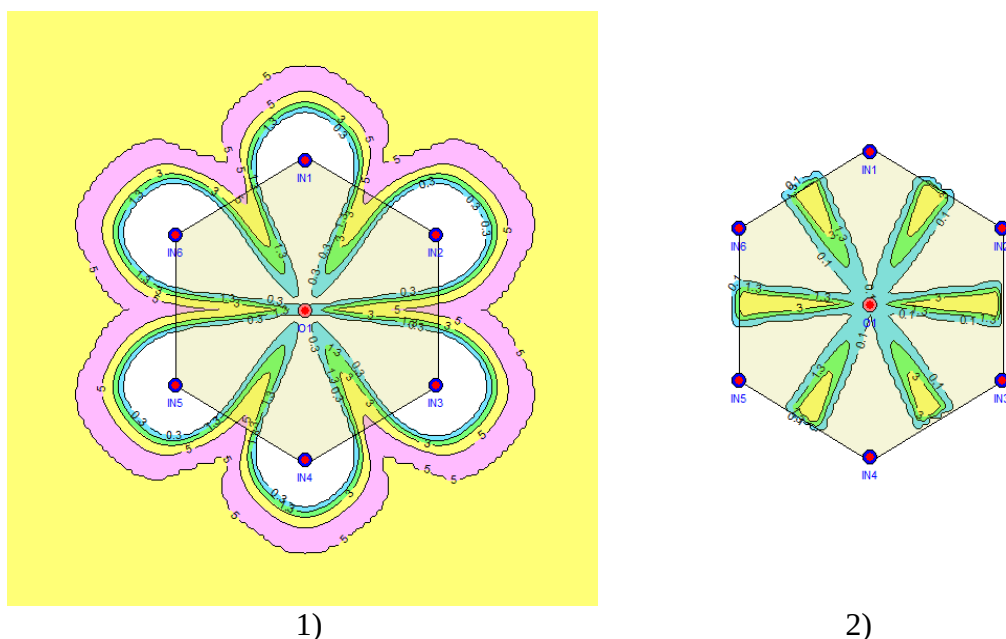
Таблица 1.

Исходные параметры моделирования

Параметр	Значение
Коэффициент фильтрации породы, м/сут	1
Мощность пласта, м	10
Плотность породы, кг/м ³	1650
Пористость, доля	0.3
Содержание ВМ, гэкв/т	2500
Содержание КПМ, кг/т	81
Концентрация урана в пределах рудного тела, кг _{урана} /кг _{породы}	0.0003

Рассматривался случай расположения эксплуатационной ячейки в поле рудного тела и случай рудного тела, ограниченного геометрическим контуром ячейки. Концентрация H_2SO_4 в выщелачивающем растворе составляла 8 г/л и не менялась со временем. Суммарный дебит закачных скважин соответствовал дебиту откачной и равнялся $6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расчет производился в течение 20 лет до достижения 80% извлечения урана. Число узлов расчетной решетки составляло 101×101 .

Растворение урансодержащих минералов наиболее интенсивно протекает вблизи нагнетательных скважин (рис. 1). Наименее интенсивно прорабатываются области между закачными скважинами.



1) 2)
Рис. 1. Конечные распределения продуктивностей, $\text{кг}/\text{м}^2$;
1 – Рудное тело соответствует области моделирования;
2 – Рудное тело ограничено контуром ячейки.

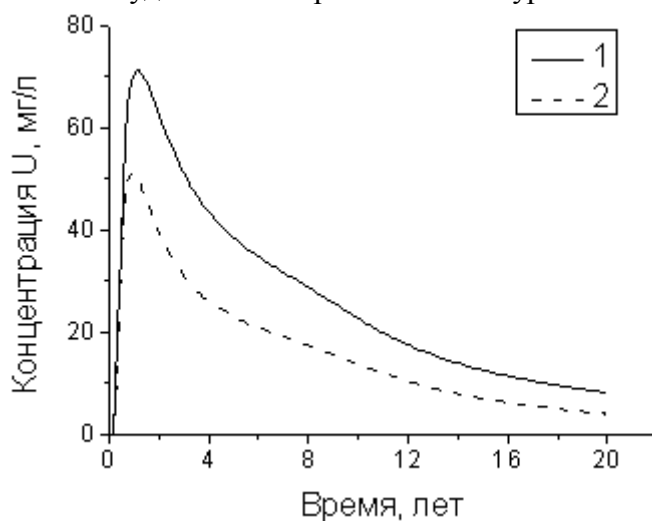


Рис. 2. Динамика изменения концентрации урана в проточных порах;
1 – Рудное тело соответствует области моделирования;
2 – Рудное тело ограничено контуром ячейки.

При расположении ячейки в поле рудного тела, на распределении продуктивности присутствует участок повышенной продуктивности (около 5 кг/м^2). Он возникает вследствие переотложения урана на границе гидродинамического контура ячейки под действием движения выщелачивающих растворов от закачных скважин.

Сравнение геотехнологические показатели отработки эксплуатационных ячеек приведены на рис. 2 – 4.

При распределении ураносодержащих минералов по всей площади моделирования концентрация урана в продуктивном растворе в течение всего периода работы выше, чем для рудного тела, ограниченного контуром ячейки (рис. 2). При этом за время прогнозного расчета извлекается на 40% больше металла (рис. 3). Извлечение 80% от исходных запасов происходит в течение 7,05 лет в отличие от случая расположения рудного тела в пределах контура ячейки, где 80% извлечения достигается за 15,3 года (таблица 2). Превышение степени извлечения отметки 100% обусловлено извлечением урана из-за пределов геометрического контура ячейки.

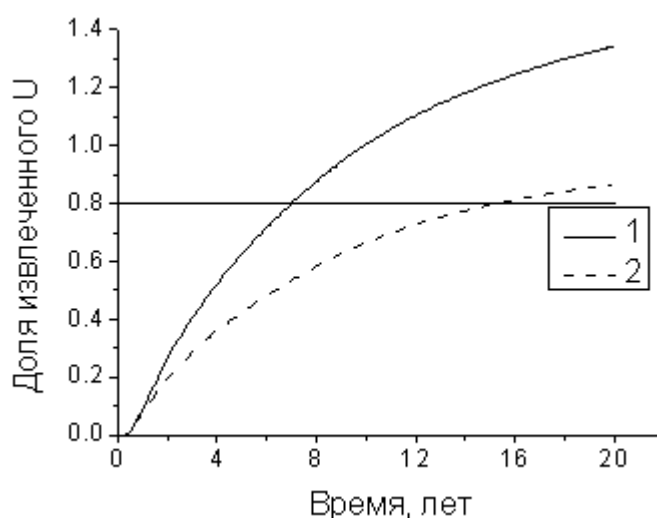


Рис. 3. Динамика изменения степени извлечения урана;
1 – Рудное тело соответствует области моделирования;
2 – Рудное тело ограничено контуром ячейки.

На рис. 4 представлена кривая зависимости удельного расхода кислоты от времени. В случае расположения ячейки в поле рудного тела на момент ее проработки удельный расход кислоты ниже на 53%, что предполагает меньшие экономические затраты на добычу урана и большую рентабельность работы предприятия.

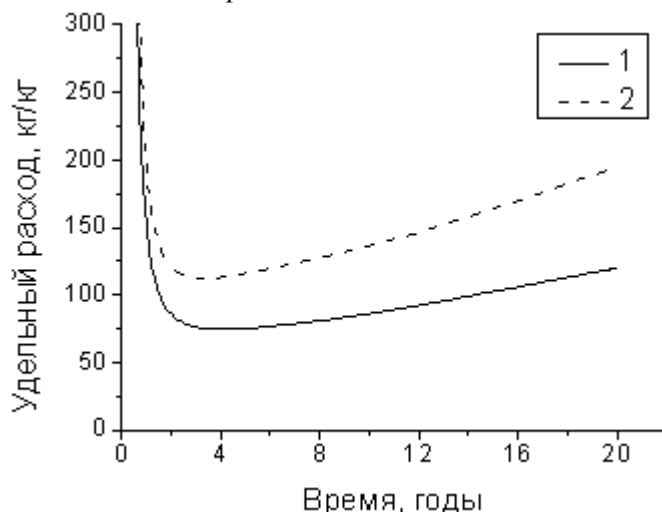


Рис. 4. Динамика изменения удельного расхода кислоты;
1 – Рудное тело соответствует области моделирования;
2 – Рудное тело ограничено контуром ячейки.

Таблица 2.

Технологические характеристики ячеек при 80% извлечении

Показатель	Ячейка внутри рудного тела	Рудное тело внутри ячейки
Удельный расход кислоты, кг/кг	78.7	166
Концентрация урана в пр. порах, мг/л	31.63	6.84
Масса извлеченного урана, т	16.80	16.80
Время извлечения, лет	7.05	15.31
ж/т извлечения, м ³ /т	5.26	11.50

В случае расположения эксплуатационной ячейки внутри рудного тела интенсивность извлечения урана существенно выше. Извлекаемый металл имеет более высокую концентрацию в продуктивных растворах, чем в случае ограниченного распределения продуктивности и удельный расход кислоты на его добычу значительно ниже.

Таким образом, можно сделать вывод, что эффект выхода рабочих растворов за пределы геометрического контура эксплуатационной ячейки имеет большое влияние на все геотехнологические показатели ее отработки, и его необходимо учитывать при прогнозировании результатов добычи и проведении предварительного анализа рентабельности разработки месторождения.

1. М.Д.Носков Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. -83 с.
2. Истомин А.Д., Носков М.Д., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Чеглоков А.А. Программный комплекс для управления разработкой месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – № 8, С.376-381.

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЯЧЕЙКИ ПРИ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ УРАНА

Коновальцов М.И., Кеслер А.Г., Носков М.Д.

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

В работе представлены результаты численного исследования влияния наличия высокопроницаемой области на работу гексагональной технологической ячейки. Проанализировано влияние отношения коэффициента фильтрации высокопроницаемого включения и водоносного пласта на параметры работы ячейки и геотехнологические показатели отработки для случаев работы скважин при постоянном давлении и при постоянном дебите.

Процесс скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана определяется согласованным протеканием гидродинамических (подведение раствора реагента к рудному телу и транспорт продуктивных растворов к откачным скважинам) и физико-химических (гетерогенные реакции на поверхности раздела жидкой и твердой фаз с образованием растворимых соединений урана) процессов в продуктивном горизонте. Повышение эффективности геотехнологического процесса можно осуществлять как за счет оптимизации движения технологических растворов, так и с помощью создания оптимальных условий для извлечения урана в раствор [1]. Для выбора оптимальных условий проведения геотехнологического процесса целесообразно использовать геотехнологические модели, описывающие движение растворов и физико-химические процессы в продуктивном горизонте.

В настоящей работе с помощью геотехнологического информационно-моделирующего комплекса проведено исследование влияния распределения проницаемости продуктивного горизонта на показатели отработки эксплуатационной ячейки при СПВ [2].

Рассматривался случай наличия полосы с повышенным коэффициентом проницаемости в продуктивном горизонте. Исследование проводилось на примере гексагональной технологической ячейки, расстояние между откачной скважиной и закачными которой составляло 40 м. Значение коэффициента фильтрации в области моделирования, за исключением высокопроницаемой области равнялось 1 м/сут. Коэффициент фильтрации неоднородности принимался равным 1, 3, 5 и 10 м/сут. Рудное тело было ограничено геометрическим контуром ячейки. Концентрация H_2SO_4 в выщелачивающем растворе составляла 8 г/л. Моделирование проводилось для случая работы технологической ячейки при постоянном давлении и при постоянном дебите. Давление на скважинах подбиралось таким образом, чтобы в случае однородного

распределения (1 м/сут) дебит ячейки составлял 6 м³/ч. Время работы ячейки составляло 10 лет. Основные геотехнологические характеристики продуктивного горизонта представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные численного расчета	
Параметр	Значение
Коэффициент фильтрации породы, м/сут	1
Мощность пласта, м	10
Плотность породы, кг/м ³	1650
Пористость, доля	0.3
Содержание ВМ, гэкв/т	2500
Содержание КПМ, кг/т	81
Концентрация урана в пределах рудного тела, кг _{урана} /кг _{породы}	0.0003

В случае работы технологической ячейки при постоянном давлении, закачные скважины, попадающие в зону повышенной проницаемости (рис. 1), имеют большой дебит (таблица 2). С увеличением проницательной способности неоднородности суммарный дебит ячеек возрастает.

Таблица 2.

Дебиты закачных скважин (работа ячейки при постоянном давлении)

Отношение		Дебит, м ³ /ч	
проницаемости неоднородности к проницаемости пласта	Откачной скважины	В пределах неоднородности (средний)	За пределами неоднородности (средний)
1	6,00	1,00	1,00
3	15,04	4,40	1,56
5	23,33	8,14	1,76
10	43,32	17,75	1,96

На рис. 1 представлены распределения концентрации урана в проточных порах для однородного и неоднородного распределения проницаемости продуктивного горизонта в случае работы ячейки при постоянном давлении.

Движение выщелачивающих растворов и растворение урансодержащих минералов происходит преимущественно вдоль полосы высокой проницаемости. Наименее интенсивно прорабатываются участки между нагнетательными скважинами в области пониженной проницаемости.

Из рис. 2 – 3 следует, что высокая скорость движения выщелачивающих растворов вдоль участка повышенной проницаемости приводит к уменьшению концентрации урана в продуктивном растворе.

При этом масса извлекаемого металла повышается на 20-25% за счет большего суммарного дебита эксплуатационной ячейки.

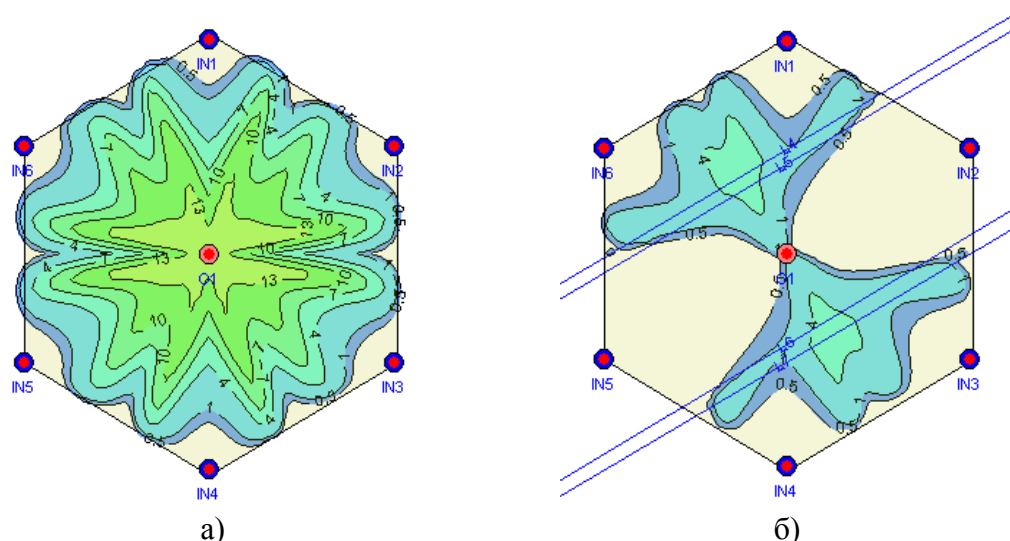


Рис. 1. Распределение концентрации урана в проточных порах на момент окончания расчета для случая работы ячейки при постоянном давлении, мг/л;
а) - равномерное распределение проницаемости продуктивного горизонта;
б) – наличие полосы повышенной проницаемости в продуктивном горизонте ($k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}}=10$).

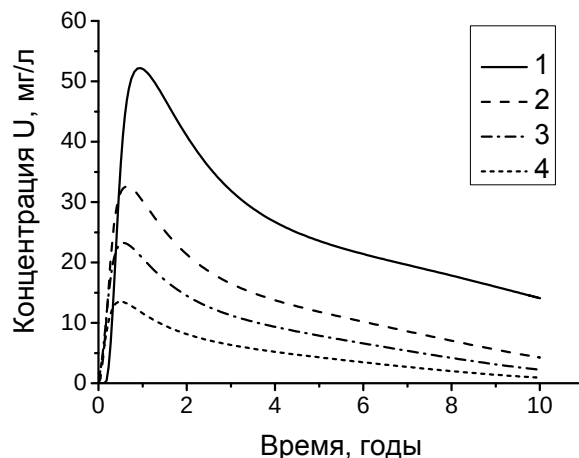


Рис. 2. Динамика изменения концентрации урана в проточных порах при различных значениях коэффициента фильтрации высокопроницаемой области для случая работы ячейки при постоянном давлении;
1 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 1$; 2 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 3$; 3 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 5$; 4 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 10$.

На рис. 4 приведена динамика извлечения урана в случае работы эксплуатационной ячейки при постоянном дебите. В этом случае геотехнологические показатели эксплуатационной ячейки слабо зависят от наличия в пределах ячейки высокопроницаемой области, и проработка ячейки происходит более равномерно, чем в случае работы эксплуатационных скважин при постоянном давлении.

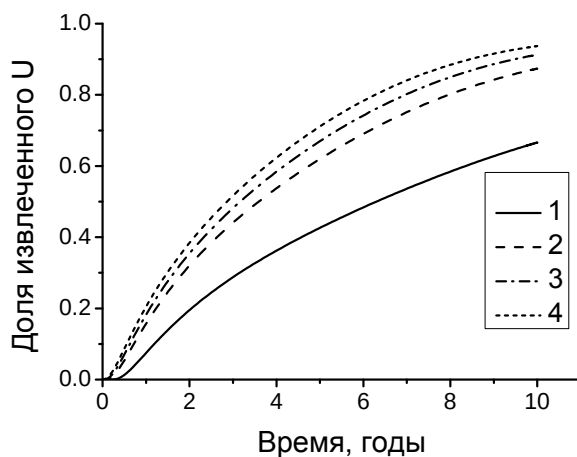


Рис. 3. Динамика изменения степени извлечения урана в проточных порах при различных значениях коэффициента фильтрации высокопроницаемой области для случая работы ячейки при постоянном давлении;

1 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 1$; 2 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 3$; 3 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 5$; 4 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 10$.

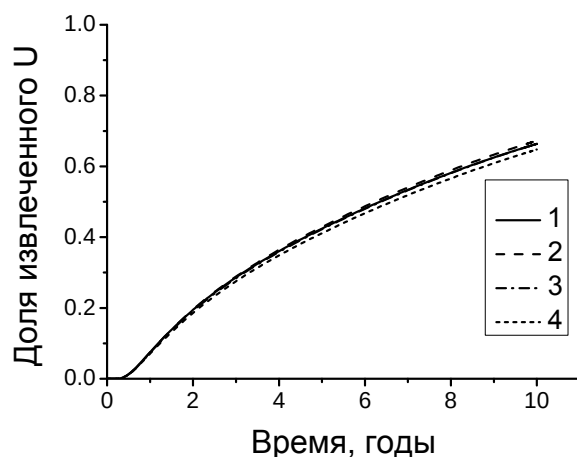


Рис. 4. Динамика изменения степени извлечения урана в проточных порах при различных значениях коэффициента фильтрации высокопроницаемой области для случая работы ячейки при постоянном дебите;

1 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 1$; 2 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 3$; 3 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 5$; 4 – $k_{\text{неодн}}/k_{\text{пласт}} = 10$.

Работа эксплуатационной ячейки при постоянном дебите позволяет нивелировать эффект неоднородности.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Д.Носков Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания. - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010.-83 с.
2. Истомин А.Д., Носков М.Д., Кеслер А.Г., Носкова С.Н., Чеглоков А.А. Программный комплекс для управления разработкой месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011. – № 8, С.376-381.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

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

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

Представлена методика повышения эффективности добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания. Методика основывается на выполнении многовариантных расчетов, по результатам которых осуществляется выбор оптимальных технологических параметров отработки блоков.

Одной из важных задач стоящих перед геотехнологическими предприятиями, осуществляющими добычу урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ), является повышение эффективности отработки месторождения урана. Для повышения эффективности отработки нужно располагать информацией о состоянии продуктивного горизонта и подземных вод, иметь возможность прогнозировать и сравнивать различные варианты разработки месторождения.

Одним из возможных путей повышения эффективности является выбор оптимальных схем расположения и режимов работы технологических скважин, который может быть осуществлен на основе анализа результатов многовариантных геотехнологических расчетов, выполненных с помощью специализированного программного обеспечения. В качестве такого программного обеспечения предлагается геотехнологический информационно-моделирующий комплекс (рис. 1), позволяющий проводить моделирование процесса СПВ, а также создавать цифровые модели участка продуктивного горизонта и технологических объектов.

Методика повышения эффективности процесса СПВ включает шесть последовательных этапов:

1. создание цифровой модели продуктивного горизонта;
2. создание цифровой модели технологических объектов;
3. проведение калибровочных расчетов, определение параметров физико-химических процессов;
4. моделирование фактической отработки блоков;
5. проведение прогнозных многовариантных геотехнологических расчетов для различных схем и режимов отработки блока;
6. анализ зависимостей геотехнологических показателей от технологических параметров, выбор оптимальных схем и режимов отработки блоков.

На первом этапе производится построение цифровой модели (ЦМ) участка продуктивного горизонта. Построение осуществляется на основе данных геологических, геохимических и геофизических исследований, полученных при сооружении технологических и разведочных скважин. Вводятся данные характеризующие состояние продуктивного горизонта. На основе введенных данных осуществляется генерация распределения параметров геологической среды интерполяционными методами.

На втором этапе создаются ЦМ технологических объектов, включающие в себя данные о расположении и режимах работы технологических скважин. Задаются составы выщелачивающих растворов.

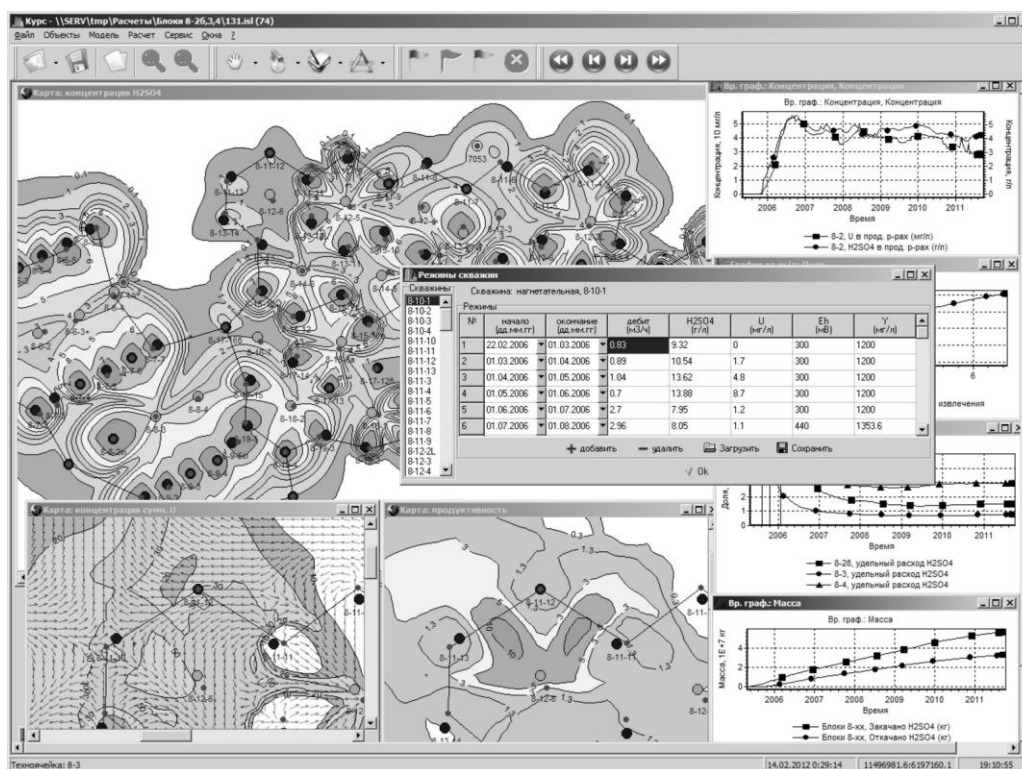


Рис. 1. Вид рабочего окна геотехнологического информационно-моделирующего комплекса

На третьем этапе находятся параметры физико-химических процессов, определяющих взаимодействие выщелачивающих растворов с рудовмещающей породой, и, заполняется соответствующая база данных. На планируемых к отработке блоках параметры модели определяются по результатам лабораторных исследований фильтрационного выщелачивания урана, данных опытных закачек, двухскважинных и многоскважинных опытов. На работающих блоках определение параметров модели осуществляется также на основе калибровочных расчетов. Достоверность нахождения параметров физико-химических процессов проверяется путем сравнения экспериментальных данных и

результатов моделирования (рис. 2). Параметры физико-химических процессов не зависят от схем и режимов отработки блоков.

На четвертом этапе проводится эпигнозное моделирование на период от начала отработки до текущего момента фактической эксплуатации блоков. Моделирование проводится на основе созданной ЦМ продуктивного горизонта, ЦМ технологических объектов, подготовленных фактических режимах работы технологических скважин и найденных на предыдущем этапе параметрах физико-химических процессов. Расчеты выполняются с учетом неоднородности фильтрационных параметров продуктивного горизонта и регионального потока подземных вод. При моделировании учитываются неоднородность минералогического строения породы, кинетика взаимодействия выщелачивающего раствора с различными минералами и переменный состав рабочих растворов, закачиваемых в продуктивный горизонт. На основе результатов моделирования определяются эксплуатационные геотехнологические показатели (время работы и отношение Ж/Т, обеспечивающее достижение требуемой степени извлечения; масса извлеченного урана, средняя концентрация урана в продуктивных растворах; средняя производительность блока по урану; расход реагентов, удельный расход реагентов и др.).

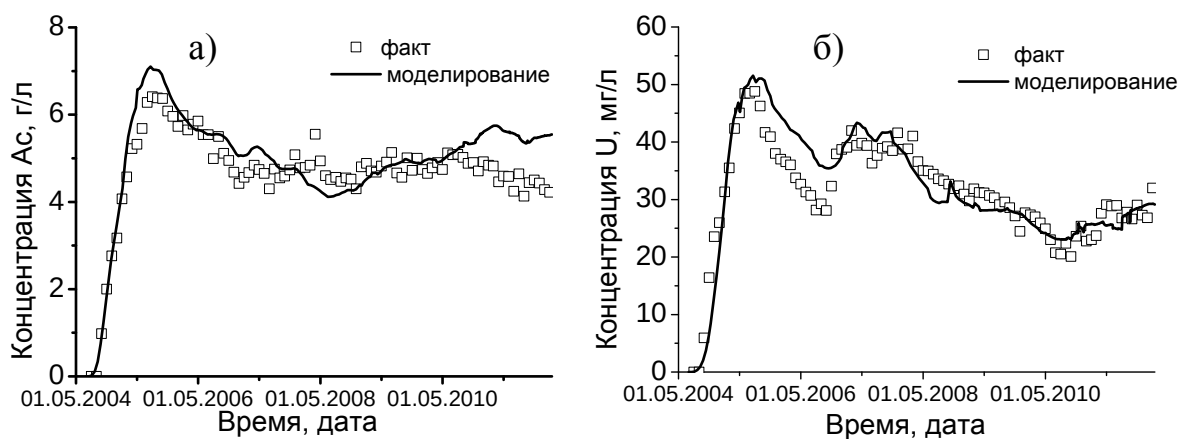


Рис. 2. Сравнение данных фактической отработки блока и результатов компьютерного моделирования; а)концентрация кислоты в продуктивных растворах; б)концентрация урана в продуктивных растворах

На следующем этапе проводится прогнозное моделирование. По результатам моделирования для работающих блоков определяют области, где процесс выщелачивания протекает недостаточно эффективно. Например, на рисунке 3 штрихпунктирной линией выделены области, где происходит растекание рабочих растворов за пределы технологического блока. Далее производится анализ режимов работы технологических скважин в исследуемой области. После этого вырабатываются

предложения по оптимизации процесса отработки. Проводится серия оптимизационных расчетов, по результатам которых определяются оптимальные режимы процесса выщелачивания. Для планируемых к отработке блоков проводится анализ влияния типов схем (рядная, гексагональная, квадратная и др.), их параметров (расстояния между скважинами в ячеистых схемах, расстояния между скважинами в ряду и рядами и т.д.), режимов отработки (дебиты технологических скважин, концентрации реагентов на разных стадиях отработки и др.) на геотехнологические показатели отработки блоков.

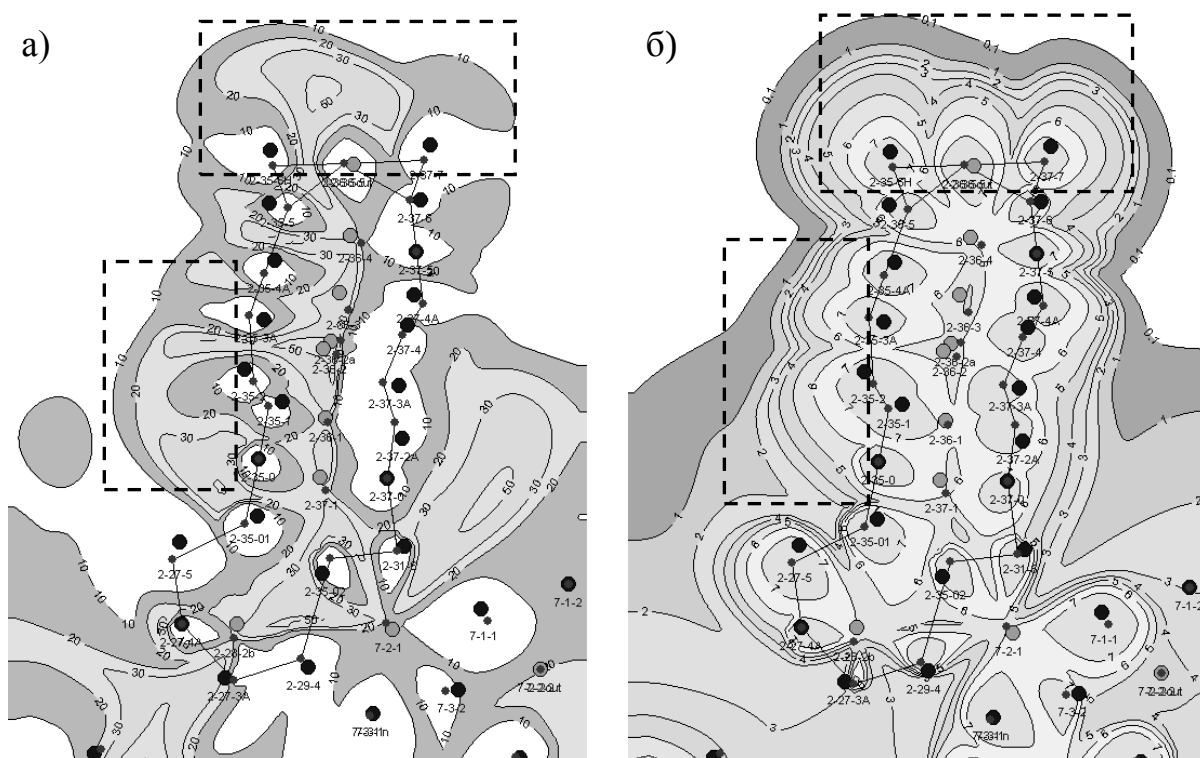


Рис. 3. Массивы концентрации урана (а) и кислоты (б) в проточных порах

На заключительном этапе выполняется сравнение результатов различных расчетов и выбирается наилучший, с учетом технических возможностей предприятия. В качестве основного критерия оптимизации может быть предложено снижение себестоимости добычи урана при сохранении требуемых темпов добычи. Возможными путями снижения себестоимости являются возрастание средней концентрации урана в продуктивных растворах и средней производительности блоков по урану, снижение удельных расходов реагентов, сокращение времени отработки блоков. Предложенная методика позволяет выбрать оптимальные режимы отработки блоков месторождения.

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СУБЛИМАЦИИ ОЧИЩЕННОГО ГЕКСАФТОРОСИЛИКАТА АММОНИЯ

Федин А.С., Чичев А.К., Ожерельев О.А.

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

В статье приведены принципы, методология и результаты математического моделирования процесса сублимации гексафторосиликата аммония, в том числе определение уравнения температурного режима сублимации с количественным нахождением коэффициентов влияния и выделения среди них лимитирующего.

Часто на практике наблюдается, что получаемые в процессе исследований данные, из-за большого количества отличий между лабораторными установками и реальным производственным оборудованием, тяжело внедрить в технологические процессы.

В настоящей работе была предпринята попытка проведения исследований сублимации гексафторосиликата аммония (ГФСА) с использованием математического моделирования в условиях подобия между исследовательским и промышленным оборудованием, т.е. используя предметную модель.

Данная работа была проведена в рамках исследований посвященных изучению физико-химических особенностей процесса сублимации ГФСА, а также разработке рекомендаций по совершенствованию сублимационного оборудования для очистки ГФСА.

Задачи настоящей работы – с использованием математического моделирования провести:

1. выделение этапов сублимации ГФСА и установление температурного режима процесса;
2. количественное определение влияния различных факторов на сублимацию и нахождение среди них лимитирующего.

Работа проводилась в 2 этапа:

- на I-ом этапе эксперименты проводились с использованием предметного моделирования, при котором модель воспроизводила геометрические, физические, физико-химические, динамические и функциональные характеристики объекта;

- на II-ом этапе исследований эмпирически полученные данные обрабатывались математическим моделированием, при котором описание изучаемого объекта осуществляется средствами языка математики и логики.

В качестве одного из основных элементов экспериментального предметного моделирования было использование при проведении ТГ-исследований 3-х типов нестандартных цилиндрических тиглей, которые с

учетом заполнения отражали бы конструктивные особенности испарителей и представляли собой подобие вертикального цилиндра, тарелки и стакана (рис. 1).

Кроме того, для оценки влияния хранения ГФСА на его сублимацию, исследования проводились на двух образцах: свежем синтезированном (образец А) и длительно хранившемся (образец Б).

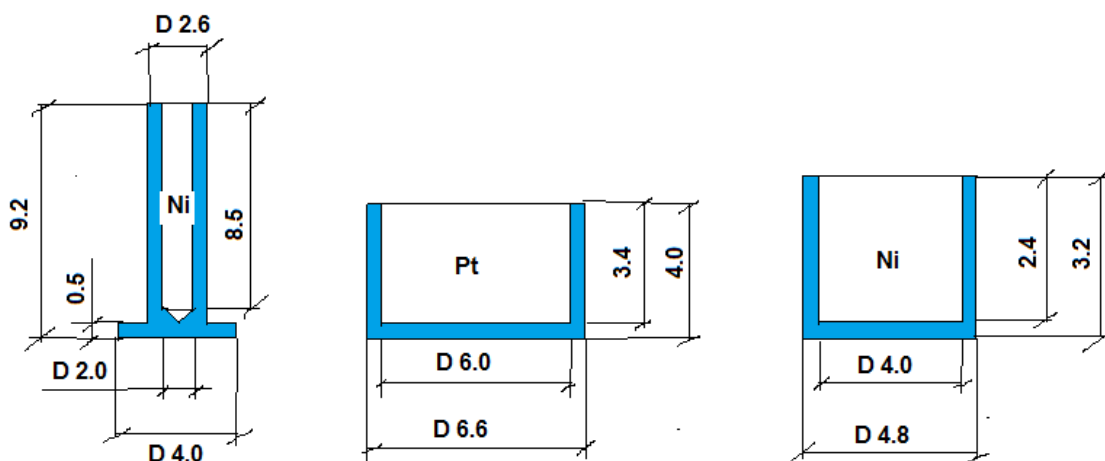


Рис. 1 Конфигурация используемых нестандартных тиглей

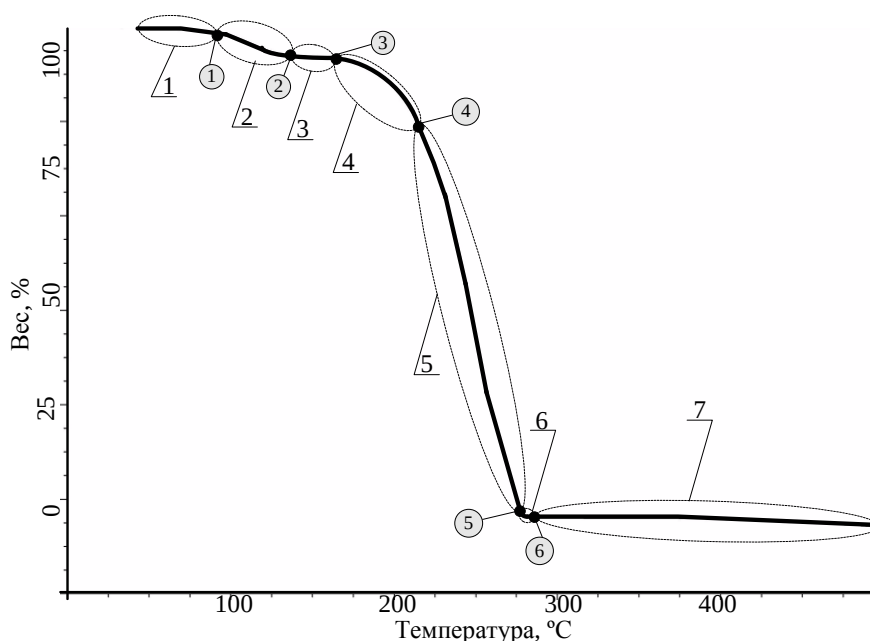


Рис. 2 Типичный график сублимации гексафторосиликата аммония.

Участки (зоны): 1) зона начального нагрева; 2) зона предвозгонки (десорбции); 3) вторая зона нагрева; 4) начальная зона сублимации; 5) зона интенсивной сублимации; 6) зона окончания сублимации; 7) зона перегрева. Характеристические точки: 1) точка начала десорбции; 2) точка окончания десорбции; 3) точка начала сублимации; 4) точка начала интенсивной сублимации; 5) пограничная точка сублимации; 6) точка завершения сублимации

На рис. 2 приведен типичный график сублимации ГФСА. Как показано на рис. 2, для проведения анализа закономерностей сублимации и сравнения влияния различных параметров, полученные кривые ТГ были условно разбиты на 7 участков (зон), а также было выделено 6 характеристических точек, которые обозначают конец предыдущего и начало последующего участков.

Были использованы следующие обязательные критерии для выделения характеристических точек:

- геометрический критерий 1: характеристической точке на участке кривой ТГ соответствует место с минимальным значением радиуса кривизны;

- геометрический критерий 2: характеристической точкой на участке кривой ТГ является точка, угол между касательной и кривой в которой имеет максимум;

- математический критерий: характеристической точке на участке кривой ТГ отвечает точка, в которой изменяется знак второй производной функции $m = f(T)$;

- физико-химический критерий: характеристическая точка на участке кривой ТГ показывает место, в котором либо предположительно меняется основной процесс, определяющий изменение массы (десорбция, сублимация и т.д.), либо происходит его интенсификация (увеличение скорости).

Поскольку в ходе ТГ-исследований было установлено влияние на температурный режим сублимации ГФСА скорости нагрева образца V_n , высоты слоя образца в тигле H_T и над образцом H_G , можно говорить о следующей функциональной зависимости:

$$T = f(V_n, H_T, H_G). \quad (1)$$

Из этой зависимости можно вывести линейное уравнение температурного режима сублимации ГФСА следующего вида:

$$T = T^0 + k_v V_n + k_T H_T + k_G H_G, \quad (2)$$

где T^0 - температура сублимации ГФСА в идеальных условиях;

k_v , k_T , k_G – соответственно коэффициент скорости нагрева, коэффициент высоты слоя и коэффициент высоты тигля.

Следует отметить, что если в реальных производственных условиях скорости нагрева порошка можно условно отнести к статическому (постоянному) параметру, то высота слоя образца в тигле и над образцом являются ярко-выраженными динамическими параметрами, изменяющимися при сублимации вещества в широком диапазоне. Тем не менее, так как данные параметры можно задавать только вначале процесса и не возможно управлять ими на протяжении всей сублимации, в целях упрощения расчетов и приближении к реальным технологическим операциям с оборудованием, они задаются в расчетах как статичные в первоначальных значениях.

Вычисление уравнения температурного режима сублимации проводилось в 3 этапа:

- 1 этап: формирование из результатов пассивных экспериментов линейных уравнений температурного режима сублимации ГФСА

$$T_1 = T^{\circ} + k_v V_{n1} + k_T H_{T1} + k_{\Gamma} H_{\Gamma1}$$

$$T_2 = T^{\circ} + k_v V_{n2} + k_T H_{T2} + k_{\Gamma} H_{\Gamma2}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$T_n = T^{\circ} + k_v V_{nn} + k_T H_{Tn} + k_{\Gamma} H_{\Gamma n}.$$

- 2 этап: объединение линейных уравнений в систему и отражение их в соответствующей матрице

$$A \cdot X = B, \quad (3)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 1 & V_{n1} & H_{T1} & H_{\Gamma1} \\ 1 & V_{n2} & H_{T2} & H_{\Gamma2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & V_{nn} & H_{Tn} & H_{\Gamma n} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \dots \\ T_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} T^{\circ} \\ k_v \\ k_T \\ k_{\Gamma} \end{bmatrix}.$$

- 3 этап: вычисление матрицы с помощью программы Mathcad.

В таблице 1 приведены результаты расчетов температуры T° для двух образцов начиная со степени сублимации $\alpha = 15\%$. Это связано с тем, что до $\alpha \approx 12 \dots 15\%$ значительную роль в потере массы играет десорбция, что приводит к значительному искажению получаемых результатов.

Таблица 1

Значения температуры сублимации ГФСА в идеальных условиях							
Степень сублимации, %	15	20	25	30	35	40	45
Образец А, °С	161,46	165,81	169,39	172,45	175,16	177,61	179,88
Образец Б, °С	171,39	176,52	180,78	184,26	186,92	189,07	191,19

Продолжение таблицы 1

50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
182,02	184,09	186,10	188,13	190,24	192,75	195,75	197,91	199,63	201,45
193,27	195,30	197,26	199,18	200,94	202,83	204,59	206,33	208,06	209,92

Далее определялось уравнение сублимации ГФСА, которое также было получено в 3 этапа:

- кривая ТГ разбивалась на участки кратные степени сублимации $\alpha = 5\%$ начиная с $\alpha = 15\%$, выделялись соответствующие точки, определялись значения температуры в данных точках и строился график сублимации $T^{\circ} = f(\alpha)$ (т.е. проводилась точечная аппроксимация);

- осуществлялась глобальная полиномиальная интерполяция, для чего сначала определялся порядок полинома через наложение на кривую сублимации линии тренда;

- зная порядок полинома использовалось матричное исчисление и определялось уравнение сублимации.

Такой порядок расчета позволил повысить точность результатов и избежать аппроксимации функции $T^{\circ} = f(\alpha)$ через классическую (лагранжевую) интерполяцию.

$$T_A^{\circ} = 140,919 + 1,819\alpha - 0,036\alpha^2 + 4,013 \cdot 10^{-4}\alpha^3 - 1,605 \cdot 10^{-6}\alpha^4$$

$$T_B^{\circ} = 148,571 + 2,019\alpha - 0,038\alpha^2 + 3,894 \cdot 10^{-4}\alpha^3 - 1,464 \cdot 10^{-6}\alpha^4$$

Проведенные ранее исследования сублимации ГФСА показали невозможность эмпирически определить точное значение температуры начала процесса, что также связано с десорбцией, сопровождающей на ранних этапах сублимацию.

Для нахождения температуры начала сублимации было предложено использовать экстраполяцию уравнения сублимации при $\alpha \rightarrow 0$. Исходя из этого, температура начала сублимации ГФСА для образца А равна 140,919 °С, а для образца Б равна 148,571 °С.

В таблицах 2, 3 и 4 приведены полученные результаты расчетов коэффициентов k_v , k_t , k_r для двух образцов начиная со степени сублимации $\alpha = 15\%$.

Таблица 2

Степень сублимации, %	Значение коэффициента k_v						
	15	20	25	30	35	40	45
Образец А	3,756	4,176	4,423	4,577	4,706	4,815	4,906
Образец Б	3,712	3,874	4,018	4,185	4,386	4,593	4,773

Продолжение таблицы 2

50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
4,988	5,061	5,129	5,195	5,260	5,308	5,352	5,413	5,561	5,741
4,925	5,053	5,167	5,268	5,369	5,450	5,535	5,615	5,708	5,818

Увеличение значения коэффициента k_v при росте степени сублимации ГФСА вероятно связано с постепенным снижением площади контакта образца с тиглем и соответственно со снижением эффективности нагрева ГФСА теплопередачей от стенок тигля.

Увеличение значения коэффициента высоты слоя образца k_t с ростом степени сублимации вероятно связано с наличием сильно выраженного эффекта Лейденфроста.

Снижение значения коэффициента k_r в большей части области сублимации для образца А вероятно связано с высокой фугитивностью

ГФСА и температурным расширением газообразного ГФСА значительно большим, по сравнению с идеальным газом.

Таблица 3

Степень сублимации, %	Значение коэффициента k_T						
	15	20	25	30	35	40	45
Образец А	2,939	3,851	4,449	4,929	5,285	5,575	5,810
Образец Б	4,353	4,760	5,070	5,363	5,758	6,240	6,701

Продолжение таблицы 3

50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
6,009	6,177	6,320	6,445	6,565	6,703	6,858	7,181	7,583	7,876
7,123	7,502	7,845	8,159	8,454	8,710	8,943	9,134	9,275	9,304

Таблица 4

Степень сублимации, %	Значение коэффициента k_T						
	15	20	25	30	35	40	45
Образец А	2,055	1,869	1,796	1,731	1,703	1,682	1,679
Образец Б	4,564	4,657	4,708	4,779	4,938	5,122	5,171

Продолжение таблицы 4

50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1,674	1,673	1,670	1,656	1,607	1,482	1,280	1,360	1,404	1,490
5,167	5,138	5,093	5,041	4,990	4,935	4,905	4,926	5,030	5,344

В результате проведения статистической обработки результатов были предложены для использования в расчетах следующие значения коэффициентов (таблица 5).

Таблица 5

	Значения коэффициентов k_v , k_T , k_r		
	k_v	k_T	k_r
Образец А	$5,0 \pm 0,3$	$5,9 \pm 0,7$	$1,6 \pm 0,1$
Образец Б	$4,9 \pm 0,3$	$7,2 \pm 0,9$	$5,0 \pm 0,1$

ВЫВОДЫ:

1. В отличие от сублимаций ранее изученных фторидов титана, циркония и гафния в случае ГФСА не было установлено участка характеризующегося лимитирующей стадией массопереноса. На протяжении всей сублимации процесс лимитировался теплопроводностью, теплоемкостью и температуропроводностью.

2. До степени сублимации 25%, фактором, определяющим температуру фазового перехода, является скорость нагрева образца.

3. При увеличении степени сублимации ГФСА более 25% наиболее существенное влияние на температуру фазового перехода начинает оказывать эффект Лейденфроста.

Раздел МАШИНЫ И АППАРАТЫ ЯДЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА И ГРАНУЛ УРАН-МОЛИБДЕНОВОГО СПЛАВА ДЛЯ ДИСПЕРСИОННЫХ ТВЭЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ РАСПЛАВА

Васильков И.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.

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

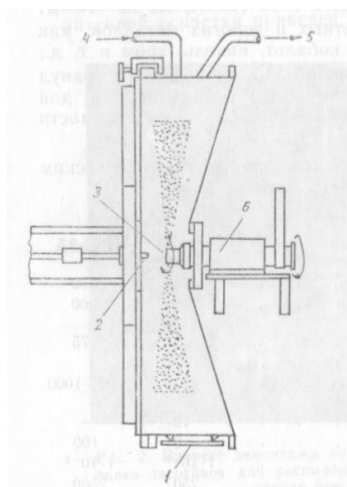
Молибден является привлекательным материалом для использования в дисперсионных ТВЭЛх ядерных реакторов, поскольку является одним из наиболее сильных упрочнителей урана, меньше снижает плотность урана по сравнению с другими элементами – упрочнителями, легко вводится в уран при восстановительной и рафинировочной плавках, имеет малое сечение захвата нейтронов.

Для получения металлических порошков и гранул урана и его сплавов в частности уран-молибденового сплава используют следующие методы: гидрирование - дегидрирование; центробежное распыление расплава литьем на вращающийся диск; центробежное распыление расплава из вращающегося водоохлаждаемого тигля; центробежное распыление расплава с оплаваемого торца вращающегося электрода.

Наиболее целесообразен метод получения гранул урана и его сплавов путем центробежного распыления в камере с инертной атмосферой. Сущность процесса состоит в распылении вращающегося с большой частотой расходуемого электрода из металлического топлива, торец которого оплавается электрической дугой постоянного тока, горящей между неподвижным отрицательным неплавящимся электродом, выполненным из вольфрама, и вращающимся положительным электродом. В связи со значительной скоростью вращения расходуемого электрода действие анодного пятна на поверхности торца усредняется, торец оплавается и приобретает вид вогнутой чаши. Расплавляемый на торце стержня металл под действием центробежных сил перемещается к периферии торца, где образует по его периметру тороидальный валик, удерживаемый силами поверхностного натяжения. Толщина плёнки расплава на поверхности оплавленного торца, определенная экспериментально, составляет 10 - 30 мкм. По мере накопления расплава в тороидальном валике центробежные силы, действующие на расплав, превышают удерживающие его силы поверхностного натяжения, происходит нарушение сплошности и распыление расплава. При малых расходах образующегося расплава отдельные частицы – капли отрываются непосредственно от кромки торца вращающегося электрода; при увеличении расхода расплава начинают образовываться нити,

распадающиеся на отдельные капли на некотором расстоянии от кромки распылителя.

Оторвавшиеся от расходуемого электрода капли разлетаются и кристаллизуются в полете в виде сферических частиц, в качестве инертной защитной атмосферы используется аргон или гелий либо их смесь. В отличие от других способов, распыление методом вращающегося электрода исключает загрязнение порошка частицами шлака и огнеупорных материалов. Схема установки для осуществления этого процесса приведена на рисунке 1. Внешний вид и морфология поверхности гранул, полученных на установке Пульсар СС7, приведены на рисунке 2.



1-камера для сбора порошка; 2-невращающийся электрод; 3-вращающийся расходный электрод; 4-инертный газ; 5-вакуум; 6-привод

Рис.1. Схема установки для центробежного распыления расплава с оплавленного торца вращающегося электрода



Рис.2. Внешний вид и морфология поверхности гранул, полученных на установке Пульсар СС7

Данный метод подходит для получения металлических порошков урана и его сплавов, опробован в лабораторных и опытно-промышленных условиях на ОАО НЗХК и в ГЦ ФЭИ.

Установка центробежного распыления расплава с оплаваемого торца вращающегося электрода «Пульсар СС7» (ОАО НЗХК) обеспечивает высокую чистоту получаемого порошка, возможность получения гранул из любых сплавов, но низкий выход гранул размера – 160 мкм (прямой выход от слитка 10-15 %, от распыляемой части электрода 50-55 %) в существующем варианте установки и образование отходов металла в виде хвостовиков, крупных гранул, стружки 70-75 %.

Итак, наиболее подходящим для условий «ОАО НЗХК» способом получения гранул урана и его сплавов является, способ центробежного распыления расплава с оплаваемого торца вращающегося электрода, реализованный на установке «Пульсар СС7». Основным преимуществом данной установки является отсутствие подвода воды к установке то есть возможность распыления как обогащенного, урана и его сплавов и соответствие требованиям ядерной и радиационной безопасности. Недостатком данного типа установки является низкий выход фракции 60-160 мкм.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ИЗ ДИСПЕРСИОННЫХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ

Васильков И.В., Пищулин В.П.

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

Предложенная технология регенерация ядерного топлива из дисперсионных ТВЭлов исследовательских реакторов, представляющих собой дисперсию делящихся материалов в виде гранул U-Mo сплава в алюминиевой матрице, позволившая установить оптимальный состав травильного раствора (NaOH – 10 %, NaNO₃ – 10-13 %, NaCl ~ 8 %), возврат гранул для изготовления ТВЭлов и ТВС.

Исследовательские реакторы, работающие на ТВЭлах дисперсионного типа, в настоящее время применяются для получения трансурановых элементов, исследования характеристик тепловыделяющих материалов. При этом стремятся к созданию высокоплотных по урану видов ядерного топлива. Представляется целесообразным применение в качестве ядерного топлива уран-молибденового сплава плотностью ~ 5400 кг/м³ с содержанием изотопа U²³⁵ ~ 20 % в виде гранул [1].

В процессе производства тепловыделяющих сборок ИРТ-3М на Новосибирском заводе химконцентратов возникла проблема извлечения гранул сплава ядерного горючего U – 9% Mo из оборотных потоков производства ТВЭлов и возвращение регенерируемых гранул обратно в технологический процесс.

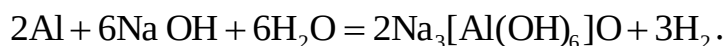
Для решения проблемы переработки оборотов, образующихся при производстве ТВЭлов с топливной композицией в виде уран-молибденового сплава, было проведено изучение последовательности технологических операций и анализ видов и количества образующихся оборотов. При оценке состава и массовой доли каждого вида оборотов использованы данные штатной технологии ТВЭлов аналогичной конструкции. Он показал, что основными видами оборотов являются стружка, бракованные сердечники, прессостатки и бракованные трубы с прессования трехслойной трубы, бракованные готовые ТВЭлы с операции контроля качества.

Накопленный опыт по регенерации ядерного топлива свидетельствует, что для ТВЭлов, представляющих собой дисперсию делящегося материала в алюминиевой матрице, наилучший способ удаления алюминия – это растворение его в щелочном растворе. При этом топливная составляющая остается в осадке, а алюминий переходит в раствор [3].

При использовании в качестве растворителя щелочи процесс протекает с выделением водорода, а при добавлении в раствор щелочи

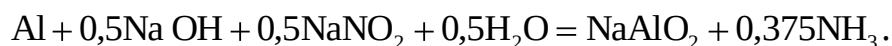
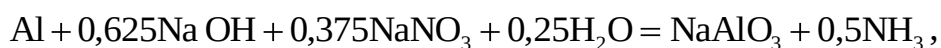
нитрата натрия - аммиака. Данный способ переработки при высокой скорости растворения алюминия в щелочи позволяет отделить основную массу алюминия от урана, который остается в осадке и передается в кислотную схему на растворение. В отношении полученного щелочного раствора с содержанием урана 30-50 мг/л возникает необходимость разработки технологии извлечения урана, регенерации и возвращения в процесс щелочи. Причем объем растворов очень значителен, т.к. растворение проводится при высоких соотношениях Т:Ж из соображений соблюдения избытка щелочи по отношению к алюминию.

Растворение алюминия в щелочи проходит с высокой скоростью:



Для предотвращения осаждения гидрооксида алюминия необходимо поддерживать 1.5-2-кратный избыток щелочи.

Выделение водорода прекращают добавкой нитрата или нитрита натрия:



При щелочно-нитратном растворении используется разбавленный раствор щелочи. Оптимальной концентрацией нитрата натрия считается 130 г/л.

Оптимальным является проведение растворения при соблюдении соотношений согласно реакции:



При извлечении гранул были опробованы режимы регенерации топлива из различных видов оборотов с помощью щелочи. Установлено, что при использовании 20 % - го раствора щелочи скорость растворения незначительно выше, чем при использовании 10 %- го раствора щелочи, но требуется температура обработки сплава в растворе 100 °С, в то время как при растворении в 10 % - го раствора щелочи она не превышает 75 °С. После щелочной обработки гранулы подвергались промывке в горячей и холодной воде, в 2-2,5 М растворе азотной кислоты, затем снова в воде. Результаты элементного анализа с использованием электронно-зондового микроанализа показали наличие алюминия на поверхности частиц данной пробы.

На полноту растворения влияет температура щелочного раствора, концентрация щелочи, продолжительность обработки. После щелочной обработки необходима тщательная промывка в горячей, затем в холодной воде с перемешиванием для удаления остатков щелочи, нейтрализация поверхности в 15-20 % растворе азотной кислоты при 15-25 °С в течение 2-

3 минут. Кроме нейтрализации, этот процесс необходим для осветления поверхности с растворением легирующих компонентов и примесей сплава. После нейтрализации извлеченная топливная композиция промывается в дистиллированной воде до нейтральной реакции промывной воды и сушится на воздухе.

В соответствии с рекомендациями ФЭИ [2] растворение алюминия в топливной композиции проводили 10 % раствором щелочи NaOH, после чего извлеченную крупку промывали на фильтре водой до нейтральной реакции ($pH=7$) в промывной воде. После сушки на воздухе ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение 24 часов определяли массу крупки, проводили электронно-микроскопическое исследование морфологии поверхности. Удаление алюминиевой оболочки и компонента алюминия из топливной композиции с возвратом в производство крупки топливной компоненты проводилось растворением в 10 % - м раствора щелочи при температуре $75\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$. В полученный раствор переходит незначительное количество урана и молибдена.

Также были опробованы режимы регенерации топлива из различных видов оборотов с помощью щелочи. После щелочной обработки крупка подвергалась промывке в горячей и холодной воде, в растворе азотной кислоты 15 – 20 %, затем снова в воде.

Для улучшения поверхности после щелочного травления и уменьшения газовыделения в щелочной раствор вводят добавки. Используют поваренную соль, нитрит натрия, селитру, фтористый натрий. Введение селитры или нитрита натрия снижает газовыделение.

Были проведены эксперименты по модификации травильного раствора, применяемого для регенерации гранул U-Mo сплава. Использованы растворы с добавлением к раствору 10 % щелочи поваренной соли (концентрация 80 г/л) для улучшения качества поверхности гранул после травления, а также поваренной соли и нитрита натрия (концентрация 130 г/л) для предотвращения выделения водорода. Установлено, что в первом растворе скорость растворения алюминия не изменяется, по результатам электронно-зондового микроанализа, поверхность гранул однородная, они покрыты окисной пленкой 500-800 ангстрем, нет выбросов элементов Na, Al, Si, кислород распределен равномерно и близок по содержанию к стехиометрии UO_2 . В растворе с нитритом натрия скорость растворения замедляется, время растворения увеличивается в три раза. Результаты анализа свидетельствуют о том, что среднее содержание Na, Al, Si повышено, т.е. необходимо увеличить время растворения. Поверхность гранул отличается от всех предыдущих гладкостью и ровным металлическим блеском, меньшей толщиной оксидной пленки -200-300 Å и достигает в максимуме $\sim 1000\text{ Å}$.

Гранулы U-Mo, извлеченные из оборотов производства, полностью удовлетворяли требованиям спецификации на исходное сырье и были

вовлечены в процесс изготовления ТВС. Тепловыделяющие сборки типа ИРТ-3 прошли реакторные испытания до 80 % выгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гибадулин Р.Х., Попов В.В., Тоянов В.М., Технологические исследования по применению уран-молибденового топлива для исследовательских реакторов с пониженным обогащением урана // ТВС, ТВЭЛы и циркониевые материалы для ядерных реакторов: Сборник докладов седьмой российской конференции по реакторному материаловедению.. Т.2, ч.2. Димитровград 8-12 сентября 2003. – Димитровград, 2004. – 104-110 с..

2 Васильков И.В., Соломенцев С.Ю., Давыдов Д.Ю. Исследование морфологии и состава поверхности оборотных гранул из сплава U-9%МО // Инновационные технологии атомной промышленности: Сборник статей, посвященный 50-летию Северской государственной технологической академии. – Северск: Изд. СГТА, 2009. – 160-132 с.

3 Махова А.В., Смирнов В.В., Соколова И.Д. Разработка топлива для исследовательских реакторов.- Обзор,1982.

4 Подготовка облученного ядерного топлива к химической переработке М, Энергоатомиздат, 1982.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГРАНУЛ ИЗ СПЛАВА U-9 % МО В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ТВЭЛОВ

Васильков И.В., Макаров Ф.В., Пищулин В.П.

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

Приведены особенности использования уран-молибденового сплава при производстве дисперсионных ТВЭЛов. Отработаны оптимальные режимы извлечения гранул из U-9 % Мо сплава, исследованы их характеристики, оценена возможность повторного использования оборотных гранул при производстве дисперсионных ТВЭЛов.

Молибден является привлекательным материалом для использования в дисперсионных ТВЭЛах ядерных реакторов поскольку является одним из наиболее сильных упрочнителей урана, меньше снижает плотность урана по сравнению с другими элементами – упрочнителями, легко вводится в уран при восстановительной и рафинировочной плавках, имеет малое сечение захвата нейтронов ($2,4 \cdot 10^{-29} \text{ м}^2$).

На рисунке 1 приведена диаграмма состояния сплавов системы уран-молибден [1].

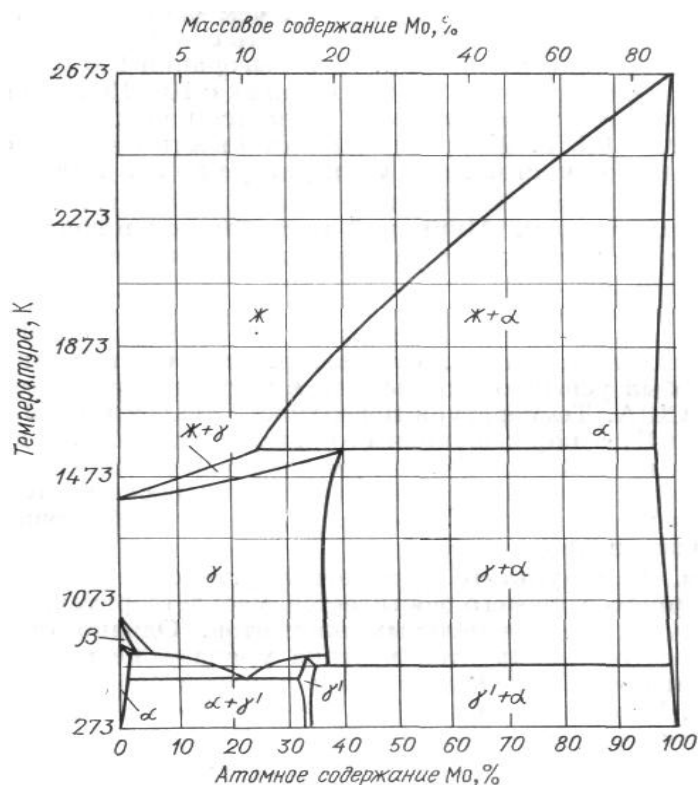


Рисунок 1 – Диаграмма состояния U – Мо

Легирование урана молибденом позволяет увеличить прочность урана более чем в три раза и получать материал с $\sigma_B = 120-130 \text{ кг/мм}^2$, вместо $\sigma_B = 30-$

40 кг/мм² для литого урана. Микротвердость гранул U-9 % Мо сплава составляет примерно 297 кг/мм². Температура начала активного окисления у сплавов с содержанием 9 % Мо 390 ± 10 °С [4].

После облучения гетерогенного сплава с 9 % Мо его электросопротивление возрастало на 100 и более процентов. Для сплава с 9 % молибдена при температуре 480-570 °С и облучении, распухание становится незначительным. Легирование урана молибденом способствует значительному уменьшению сводного распухания (таблица 1). Проявляется положительное влияние дополнительного легирования сплава алюминием и оловом [5,6].

Таблица 1 – Зависимость свойств сплава U-Мо от содержания Мо

Содержание Мо, мас. %	Температура, °С	Выгорание, %	Увеличение объема, %
4,3	700	0,48	32
9,0	500	0,52	5
9,2	700	0,48	15
14,0	500-800	0,22-0,47	1-3

Высокая жаропрочность сплава с 9 % молибдена проявляется и при его деформации. Особенно высокой жаропрочностью обладают сплавы с 1,5-9 % молибдена. Так при температуре 110 °С и степени деформации 56 % давление истечения урана составляет 1,4 кг/мм², в то время как для сплава оно равно 14-18 кг/мм² [2,4].

Введение в уран даже небольших добавок молибдена (0,05-0,17 %) в 6-13 раз повышает сопротивляемость ползучести. При циклической термической обработке сплава (500 – 300 °С - 50 циклов, 800-300 °С - 100 циклов) размерные изменения не наблюдались. Одним из недостатков использования гранул уран - молибденового сплава в качестве дисперсионного топлива является плохая формуемость (сохранение формы) по причине отсутствия сцепления между поверхностями частиц.

В результате взаимодействия с алюминием при температурах выше 480 °С происходит появление алюминидов урана типа UAl_2 и UAl_3 , что приводит к увеличению объема сплава.

Накопленный опыт по извлечению-регенерации ядерного топлива из ТВЭЛов, представляющих собой дисперсию делящегося материала в алюминиевой матрице с алюминиевой оболочкой показывает, что наиболее простой и экономически целесообразной является технология, включающая отделение алюминия путем растворения его в щелочном растворе с последующей промывкой извлеченного топлива в воде. Принципиальная схема регенерации отходов представлена на рисунке 2.

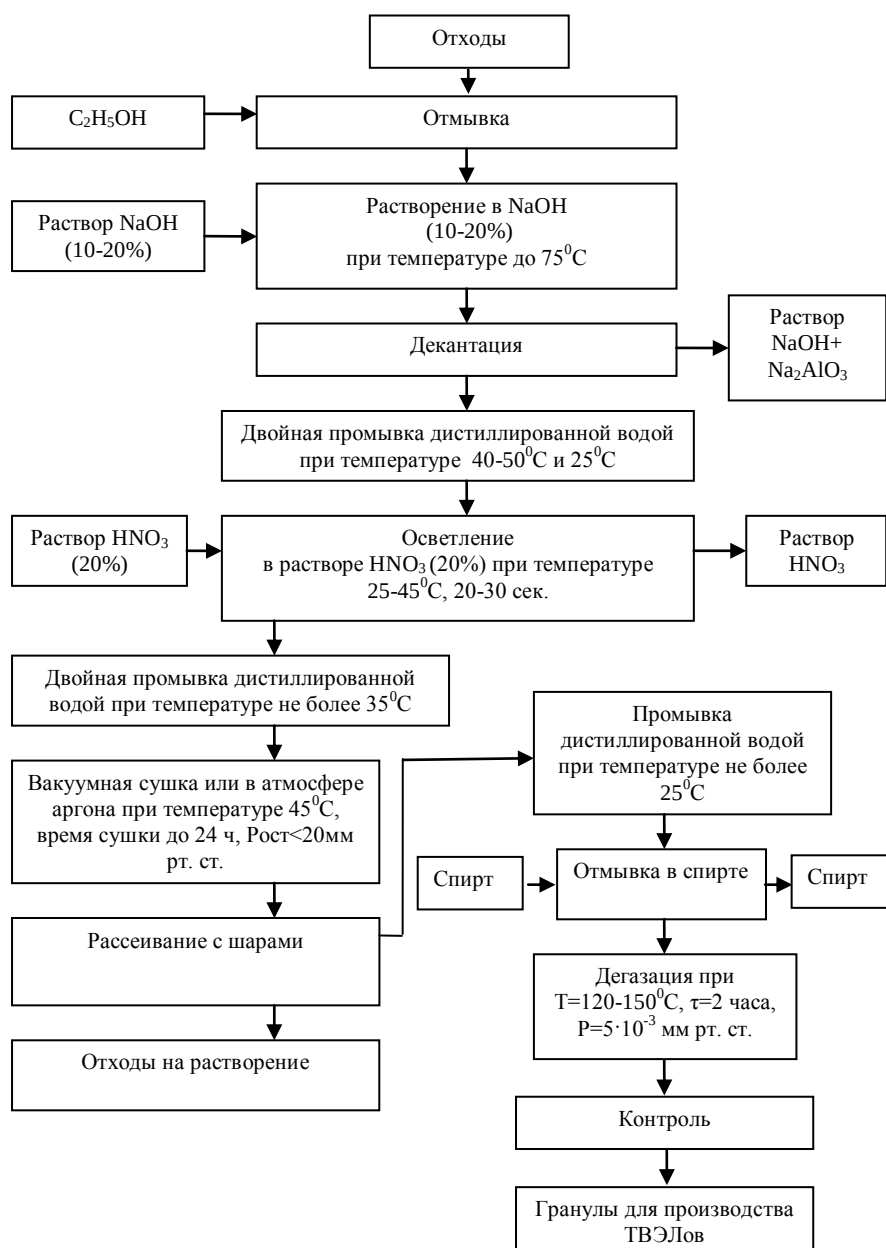


Рисунок 2 – Принципиальная схема регенерации отходов производства дисперсионных ТВЭЛОВ на основе гранул из U-9 % Мо сплава

В проводимых ранее работах утверждается, что 10 % - го раствора NaOH достаточно для растворения алюминия. С повышением концентрации скорость растворения увеличивается незначительно, но температура обработки сплава в растворе повышается, так для 20 % раствора NaOH она составляет уже 100 °C, а для 10 % – 75 °C. Процесс растворения сердечников проводится периодически в течение 2-3 часов, при температуре раствора не более 90 °C. Затем следует декантация щелочного раствора. Промытые водой гранулы обрабатываются раствором азотной кислоты с последующей промывкой водой, спиртом, сушкой. Просушенные гранулы рассеивают через сита, вновь промывают водой, спиртом, сушат при 120-150 °C,

подвергают отгазовке, проходят контроль, и в случае положительного результата используют в качестве топлива для дисперсионных ТВЭЛов.

Поверхность исходных и извлеченных гранул из U-9 % Мо сплава была исследована электронно-сканирующей микроскопией и микрозондовым рентгено-спектральным анализом. В сравнении с исходными гранулами, у части извлеченных гранул на микроуровне было отмечено изменение формы, морфологии и химического состава поверхности. У гранул в поверхностном слое толщиной менее 1 мкм было установлено увеличение массовой доли кислорода, в отдельных локальных местах поверхностного слоя повысилась массовая доля алюминия, натрия и кремния. Были определены причины вызвавшие изменения как формы, так и химического состава поверхностного слоя. Установлено, что при извлечении из ТВЭЛов гранул в промышленном масштабе, при некоторых отклонениях в процессе растворения алюминиевой матрицы и оболочки в 10 % растворе NaOH возможно образование в травильном растворе трудно растворимых алюминатов натрия.

Морфология и химический состав поверхности исходных и извлеченных из ТВЭЛов гранул исследованы на аналитическом комплексе JEOL-8100. Фазовый состав определялся на рентгеновском дифрактометре ДРОН-7.

Выполнены эксперименты по многократному повторному использованию оборотных гранул при изготовлении экспериментальных ТВЭЛов. Установлено, что у части гранул наблюдается растравливание поверхности, увеличивается в поверхностном слое толщиной менее 1 мкм содержание кислорода. В отдельных локальных местах поверхностного слоя повысилась до 0,1 % массовая доля алюминия. На рисунке 3 приведена морфология поверхности исходных и оборотных гранул.

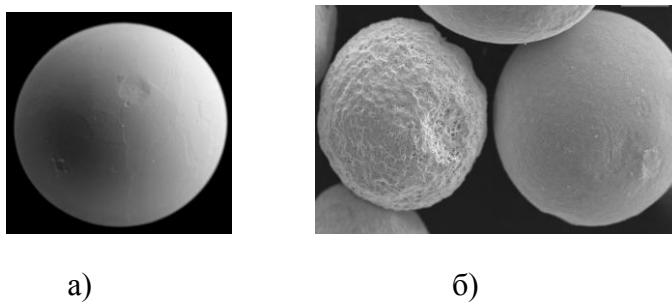


Рисунок 3 – Морфология поверхности исходных а) и оборотных б) гранул

Фазовый состав многократно извлеченных и повторно использованных гранул сплава U-9 % Мо, после полных циклов термообработок при изготовлении экспериментальных ТВЭЛов, соответствует начальной стадии перехода от γ фазы к фазовому составу $\gamma + \gamma' + \alpha$. Полученные данные по фазовому составу гранул в процессе

изготовления экспериментальных и опытных ТВЭЛов согласуются с данными работ [2,3], приводимыми в виде С – образных кривых, показывающих превращение в изотермических условиях γ -твердого раствора в γ' и α фазы в концентрационной области 8-10 % масс. молибдена.

Процесс повторного использования и извлечения оборотных гранул был проведен пятикратно. Существенных отличий и отклонений в характеристиках ТВЭЛов в процессе их изготовления при использовании оборотных гранул не установлено.

Исследования электронно-сканирующей микроскопией и микрозондовым рентгено-спектральным анализом показали, что извлеченные гранулы качественно соответствуют требованиям к топливу из сплава U-9 % Мо и могут быть повторно использованы при производстве дисперсионных ТВЭЛов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимов В.В., Монахов А.С. Материалы ядерной техники.- М.:Энергоиздат,1982.
2. Сергеев Г.Я., Титова В.В., Борисов К.А. Металловедение урана и некоторых реакторных материалов. Атомиздат. 1960.
3. Иванов О.С. Диаграммы состояния и фазовые превращения сплавов урана. Наука. М., 1972.
4. Hofman G.L. Properties of U-Mo Dispersion fuels.- Nuclear Engineering division.Argonne national laboratory 9700 South Cass Avenue. Argonne, IL 60439- USA, 1995.
5. Ядерное топливо для исследовательских реакторов.- Н.: Рекламный проспект, 2006.
6. Самойлов А.Г. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов.- М.: Атомиздат,1985.

ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИСПЕРСИОННЫХ ТВЭЛОВ

Васильков И.В., Пищулин В.П.

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

В данной работе рассмотрены виды и свойства ТВЭлов дисперсионного типа для исследовательских реакторов, показаны перспективы использования высокоплотного ядерного топлива на основе гранул сплава урана и молибдена, обеспечивающего концентрацию урана в сердечнике 5400 кг/м³.

Во всех типах ядерных реакторов главным источником тепла является тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ), представляющий собой ядерное топливо в том или ином виде, заключенное и герметизированное в оболочке. В настоящее время в мире действует около 100 исследовательских реакторов с топливом на основе высокообогащенного (90 %) и среднеобогащенного (36 %) урана по изотопу урана-235 (U^{235}). Общая мощность этих реакторов примерно 1700 МВт, ежегодная потребность в топливе более 1200 кг по U^{235} .

Использование высокообогащенного топлива в исследовательских реакторах обусловлено их режимами работы, т.е. необходимостью иметь минимальные размеры и высокоплотный поток нейтронов.

Исследовательские реакторы применяются для следующих целей:

- получения трансурановых элементов (получаемая радиоизотопная продукция является сырьем для изготовления широкого спектра препаратов медицинского назначения);
- материаловедческих целей;
- испытания тепловыделяющих элементов;
- изучения поведения топлива и конструкционных материалов.

Создание технологий для повышения удельного содержания урана в топливе, т.е. создание высокоплотного топлива – одна из важнейших задач на данном этапе развития ядерной энергетики США, Франции, России и других стран. Наиболее перспективным считается разработка новых высокоплотных по урану видов топлива, что позволит снизить обогащение урана в ТВЭЛах исследовательских реакторов до требуемого уровня менее 20 %.

На основании программы снижения обогащения топлива для исследовательских реакторов проводятся работы по изготовлению ТВС на основе топлива с пониженным содержанием урана U^{235} . Согласно этой программе необходимо снизить обогащение топлива дисперсионных ТВЭЛов с 90 % и 36 % обогащения по изотопу урана - 235 до 20 %. При этом геометрические размеры ТВЭЛов, толщина стенки, их количество в сборке должны оставаться неизменными. Для достижения этой цели

количество диоксида урана, используемого в настоящее время в качестве ядерного топлива, необходимо увеличить в топливной композиции ТВЭЛа более чем в 3 - 4 раза, что не для всех типов ТВЭЛ выполнимо технически, поскольку топливная составляющая в алюминиевой матрице сердечника ТВЭЛа не должна превышать 37 – 50 % объемных.

В качестве топливной составляющей ТВЭЛов первого поколения использовался уран-алюминиевый сплав, позволяющий довести концентрацию урана до 1300 кг/м^3 . Дальнейшее повышение концентрации урана до 3000 - 3500 кг/м^3 стало возможным благодаря переходу к металлокерамическому сердечнику, где в качестве топливной составляющей сердечника используется диоксид урана нестехиометрического состава в алюминиевой матрице. Однако для ряда конструкций ТВЭЛов, требуется содержание урана в топливной композиции не менее 5400 кг/м^3 .

Сердечники ТВЭЛов дисперсионного типа представляют собой композиции ядерного топлива в виде делящихся материалов и матрицы из сплавов алюминия (Al), керамики, графита и других неделящихся материалов. Основным преимуществом ТВЭЛов дисперсионного типа в отличие от ТВЭЛ, сердечники, которых изготовлены из однородного металлического или керамического ядерного топлива, является их повышенная радиационная стойкость при длительной эксплуатации в реакторе. Высокая радиационная стойкость обусловлена тем, что продукты деления локализуются в диспергированных топливных частицах или около них.

При создании ТВЭЛов наряду с хорошими теплофизическими свойствами, такими, как высокая теплопроводность, развитая поверхность для максимальной отдачи тепла, отсутствие неомываемых теплоносителем мест, оптимальное отношение количества горючего к конструкционным материалам, необходимо обеспечивать достаточные механическую прочность и жесткость, чтобы геометрия ТВЭЛа не изменялась в рабочих условиях. Конструкции ТВЭЛов могут быть самыми разнообразными, однако в ходе развития реакторостроения было выработано несколько основных вариантов геометрии ТВЭЛов дисперсионного типа, которые в настоящее время применяются в большинстве реакторов.

В существующих или проектируемых ядерных реакторах используют ТВЭЛы трех основных типов: пластинчатые, цилиндрические (трубчатые), шаровые. Часто активная зона может быть собрана из ТВЭЛов, имеющих характерные признаки нескольких основных элементов.

Элементы пластинчатого типа обеспечивают большую поверхность теплосъема на единицу объема топлива и требуют единообразной технологии для изготовления. Однако плоские пластины имеют низкую механическую прочность и недостаточную жесткость. Для повышения механической устойчивости применяют изогнутые пластины, комбинацию

плоских и гофрированных пластин, винтообразные ленты или узкие скрученные пластинки. Преимущество скрученных ленточных элементов, собранных в пучок, состоит в том, что они, не имея поверхностей соприкосновения, касаются только в отдельных точках, что улучшает условия теплосъема. Как правило, пластинчатые элементы собирают в кассеты, в которых отдельные пластины зафиксированы в определенном положении.

Цилиндрические и трубчатые ТВЭЛы обладают большим значением отношения поверхности к объему, высоким сопротивлением оболочки к наружному давлению и давлению со стороны топливного сердечника при набухании горючего, выделении газов и т.п. Жесткость цилиндрических и трубчатых ТВЭЛов выше, чем у пластинчатых. ТВЭЛы, собранные из нескольких трубок или многогранников уменьшающегося сечения с фиксированными зазорами, составляют элемент с большим отношением поверхности к объему. Зазоры при этом служат проходными каналами для теплоносителя. Особая роль отводится трубчатым ТВЭЛам, поскольку они характеризуются более развитой поверхностью теплосъема, большой загрузкой урана, а также достижением глубокого выгорания урана-235. Важным является возможность варьирования количеством и формой ТВЭЛов при производстве ТВС. Наиболее популярными являются комбинации цилиндрической, шестигранной и четырехгранной форм. Возможность использования различных комбинаций форм существенно влияет на удельную поверхность теплосъема. Во всех исследовательских реакторах в качестве оболочки и матрицы применен алюминий, температура теплоносителя равна 100 °С и ниже, тепловой поток составляет $1 \cdot 10^6$ Вт/м². Общепринятым вариантом конструкции технологических каналов, собранных на основе стержневых или трубчатых элементов, является вариант с продольным потоком теплоносителя, который искусственно турбулизируют для улучшения теплосъема. В качестве материалов для изготовления матрицы для дисперсионных ТВЭЛов используют Al, Be, Mg, Zr, Nb, нержавеющую сталь и другие материалы. В качестве дисперсной топливной фазы применяют порошки или гранулы из сплавов урана [6], а также различные соединения и интерметаллиды урана, например, UAl_2 , UAl_3 , UAl_4 , UO_2 , U_3O_8 , U_4O_9 , UC, UN и др. Для этой цели могут быть также использованы аналогичные соединения плутония, тория и их смеси с соединениями урана при соблюдении следующих условий:

- диспергированные частицы должны быть большими по сравнению с длиной пробега осколков деления;
- частицы диспергированного вещества равномерно распределены в матрице;
- делящаяся фаза имеет высокую плотность;
- объемное содержание непрерывной неповрежденной фазы металла матрицы должно быть по возможности максимальным;

– ядерное горючее в виде диспергированных частиц совместимо с матрицей при рабочей температуре в реакторе и при температурах получения ТВЭЛов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Российские естественные монополии: проблемы экономической безопасности. Отчет, 2006.

2 Махова А.В., Смирнов В.В., Соколова И.Д. Разработка топлива для исследовательских реакторов.- Обзор, 1982.

3 Афанасьев В.Л., Александров А.Б., Енин А.А., Сидоренко Г.Г. НЗКХ-изготовитель топлива и делящихся материалов для исследовательских реакторов.- Брюгге, Бельгия, 1997.

4 Самойлов А.Г., Каштанов А.И., Волков В.С. Дисперсионные ТВЭЛы. Том 2. Энергоатомиздат, 1982.

5 Скоров Д.М., Бычков Ю.Ф. Реакторное материаловедение. Изд. 2-е, М.:Атомиздат, 1979.

6 Васильков И.В. Соломенцев С.Ю., Давыдов Д.Ю. Исследование морфологии и состава поверхности оборотных гранул из сплава U-9 % мо// Инновационные технологии атомной энергетики и промышленности : Сборник статей, посвященный 50-летию Севрской государственной технологической академии. – Северск: Изд. Северск, 2009. – С. 160-162

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОСАДКОВ ПОЛИУРАНАТОВ АММОНИЯ

Каратаева Е.Е., Пищулин В.П.

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

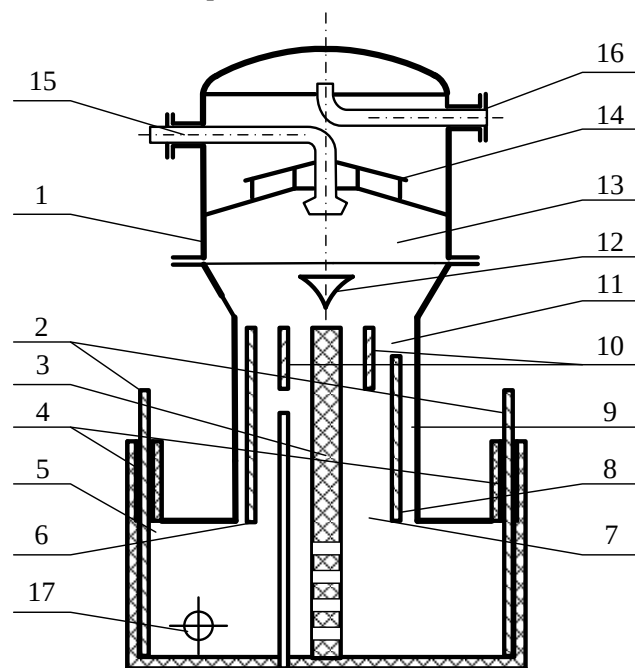
В данной работе разработан новый метод получения крупнокристаллических осадков полиураната аммония. Предложена аппаратурно-технологическая схема получения оксидов урана. Сконструирован и рассчитан электроискровой аппарат.

Для обеспечения энергетической безопасности России в целом и Сибирского региона была разработана технологическая схема Сибирского атомного комплекса закрытого типа, частично реализованная в промышленности и включающая разработку урановых месторождений в Читинской области с получением концентрата оксида урана U_3O_8 , аффинаж урана и получение ядерно-чистых соединений урана.

В плане развития СХК предусмотрено развитие аффинажного завода на базе радиохимического завода, который будет перерабатывать концентраты урана с Приаргунского горно-химического объединения, с Навоийского горно-химического комбината и других заводов, увеличение объемов переработки уранилнитрата до оксидов и гексафторида урана на сублиматном заводе. На сублиматном заводе осуществляются процессы осаждения полиуранатов аммония из растворов ядерно-чистого уранилнитрата, отделение их на БВФ с последующей сушкой и прокалкой осадка с получением оксидов U_3O_8 . Осаждение урана из кислых растворов после экстракционной отчистки осуществляется обработкой раствором гидроксида аммония в каскаде агитаторов при pH 6-8 с образованием полиуранатов аммония [1].

В СТИ исследуются возможности практического применения электрического диафрагменного разряда в растворах электролитов, в которых при определенных условиях создается электрический разряд, близкий к плазменному, в котором энергия электрического разряда расходуется на нагревание и упаривание раствора электролита, диссоциацию и ионизацию молекул растворенного вещества и растворителя, термическое разложение растворенного вещества. Разработаны конструкции электронных аппаратов [2].

Основой конструкции электродного аппарата с электроискровым разрядом (рисунок 1) является электродная греющая камера, состоящая из электродов, разделенных перфорированной перегородкой из диэлектрического материала.



1 – корпус; 2 – электроды; 3 – перегородка; 4 – уплотнитель; 5 – камера; 6, 8, 10 – стабилизаторы; 7, 9, 11 – участки циркуляционного контура; 12 – отбойник; 13 – паровая камера; 14 – каплеотделитель; 15 – патрубок подачи исходного раствора; 16, 17 – патрубки

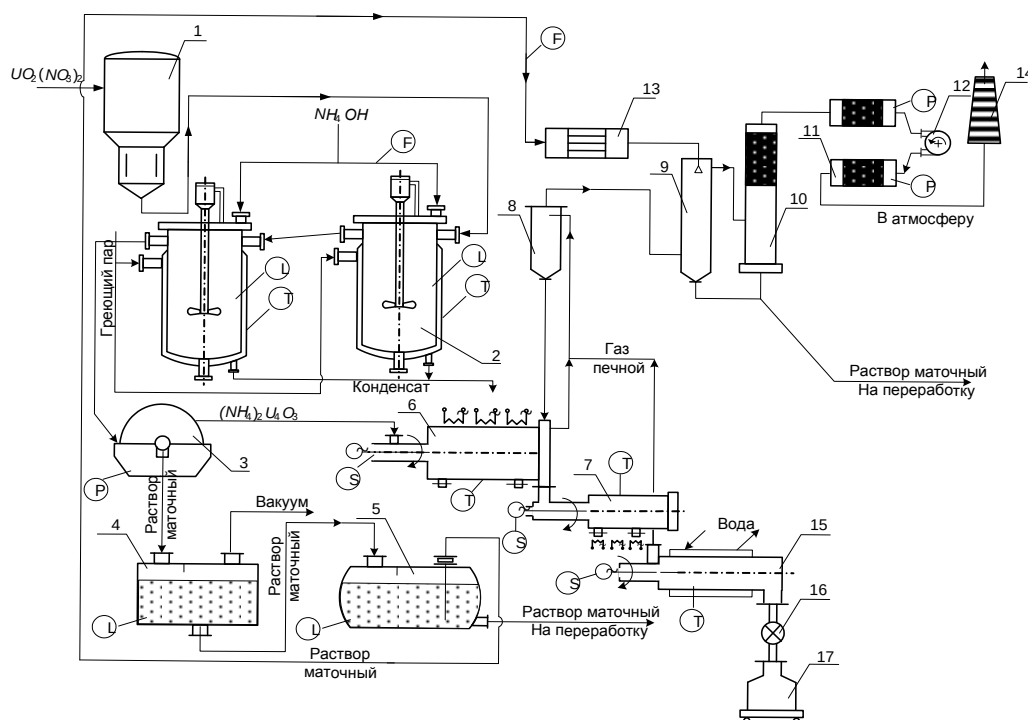
Рис.1. Электродный выпарной аппарат с электроискровым разрядом

Электрический пробой, возникающий в отверстии перфорированной перегородки под действием переменного электрического тока, - типичный импульсный разряд, который при повышении напряжения электрического тока превращается в устойчивый импульсно-дуговой диафрагменный разряд в растворе. Разряд характеризуется высокой локальной плотностью электрического тока около $100-1000 \text{ А/см}^2$, температурой $5000-50000 \text{ К}$ в канале разряда, что позволяет использовать энергию разряда как для упаривания раствора, так и для термического разложения молекул растворенного вещества.

Способ одновременного упаривания и термического разложения уранилнитрата в аппарате с диафрагменным разрядом используется для интенсификации существующего способа получения оксидов урана методом химического осаждения за счет применения продуктов термического разложения уранилнитрата в качестве «затравки» для осаждения полиуранатов аммония.

Результаты наших исследований по осаждению уранатов аммония из нитратных растворов с применением «затравки» показали следующее : гидратированные оксиды урана, полученные в импульсно-дуговых разрядах в растворе и использованные в качестве «затравки», позволяют на 20-30 % снизить содержание урана в маточных растворах, уменьшить содержание влаги в крупнокристаллических осадках после фильтрования до 9-10 % против 15-20 % в методе обычного химического осаждения, снизить относительное содержание аммиака в составе полиуранатов в 1,5

раза и, соответственно, повысить содержание урана в воздушно-сухой пробе, а также увеличить насыпную массу воздушно-сухой пробы с 1400 до 2000 кг/м³. Рекомендуемое минимальное количество «затравки» в виде гидратированных оксидов урана составляет не менее 0,25-0,30 кг на 1 м³ рабочего объема реактора осаждения. Нами разработана аппаратурно-технологическая схема получения крупнокристаллических осадков тетраураната аммония с применением затравки (рисунок 2).



- L – уровень; T – температура; S – частота вращения; P – давление, вакуум;
 1 – электроиспарительный аппарат; 2 – смеситель-осадитель; 3 – барабанный фильтр;
 4 – делитель фаз; 5 – сборник; 6 – печь сушильная; 7 – печь прокаливания; 8 – циклон;
 9 – скруббер полный; 10 – скруббер пенный; 11 – фильтр; 12 – газодувка;
 13 – конденсатор; 14 – шнековый холодильник; 15 – контейнер готовой продукции;
 16 – дезинтегратор; 17 – труба цеховая.

Рис.2. Аппаратурно-технологическая схема получения оксидов урана

Исходный раствор уранилнитрата концентрацией 90-110 г/л по урану поступает в электродный выпарной аппарат с перфорированной перегородкой между электродами, в котором происходит одновременное упаривание и термическое разложение уранилнитрата. В среднем при упаривании в 3 раза степень разложения уранилнитрата составляет 20-30 %. Продукт разложения уранилнитрата – гидратированные оксиды урана с размером частиц 1-6 мкм – служит в качестве «затравки». Полученная суспензия попадает в каскад осаждения из двух агитаторов, сюда же подается осадитель – 25 % масс. раствор гидроксида аммония. рН осаждения в первом агитаторе поддерживается равным 5-6, во втором – 7-8.

Частицы гидратированных оксидов урана, являющиеся готовыми центрами кристаллизации способствуют интенсификации процесса осаждения. Получающаяся суспензия уранатов аммония разделяется на барабанном вакуумном фильтре. Твердая фаза, содержащая 9-10% воды подвергается последовательным операциям сушки и прокалке в печах, в которых происходит термическое разложение уранатов аммония до оксидов урана при температуре в слое 450-600 °С в атмосфере инертного газа аргона или азота. Полученный оксид урана U_3O_8 охлаждается в шнековом холодильнике, измельчается в дезинтеграторе и собирается в контейнере готовой продукции.

Выделяющиеся из сушильной и прокалочной печей парогазовые продукты, содержащие пары воды, оксиды азота, аммиак, водород, кислород, азот и частицы оксидов урана, проходят последовательно через циклоны, полый скруббер, делитель фаз. Несконденсировавшиеся газы направляются на отчистку в пенные скруббера и металлокерамические фильтры. Очищенные газы компрессором удаляются в атмосферу.

Для проведения процессов одновременного выпаривания и термического разложения уранилнитрата в импульсно-дуговом разряде в растворе нами разработаны конструкции электродных аппаратов, удельная теплопроизводительность которых составляет $(15-30) \cdot 10^3$ кВт/м³ при плотности тока на электродах около $(0,5-1)10^4$ А/м².

ЛИТЕРАТУРА

1 Пищулин В.П. Перспективы развития Сибирского атомного комплекса // Технология и автоматизация атомной энергетики: Сборник статей. - Северск: Изд. СГТИ, 2005. - С. 167-170.

2 Пищулин В.П. Электрический диафрагменный разряд в растворах электролитов и его применение в химических и радиохимических производствах // Изв. вузов. Физика. 2004. № 12. С. – 202-204.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Кладиев С.Н., Колодников И.А., Максимов И.А., Пищулин В.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ г. Северск

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

E-mail: kladiev@ssti.ru, pischulin@ssti.ru

Развитие ядерной энергетики возможно лишь при реализации всех стадий замкнутого ядерного топливного цикла, в том числе - переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ) атомных электростанций.

С переходом радиохимической промышленности на переработку ОЯТ энергетических реакторов возник комплекс задач, решение которых потребовало существенной модернизации ранее разработанных технологических процессов.

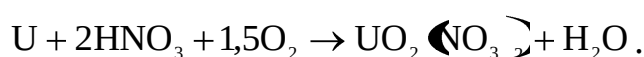
Технологический процесс переработки ОЯТ включает:

- механическую фрагментацию (рубку) ТВС и ТВЭЛов;
- растворение ядерного топлива;
- очистку растворов от балластных примесей;
- экстракционное выделение и очистку урана, плутония и других товарных нуклидов;
- переработку растворов, содержащих другие радионуклиды, и их выделение [1].

Перевод ядерного топлива в раствор, чаще всего производят растворением в азотной кислоте. При этом уран переходит в шестивалентное состояние и образует ион уранила, UO_2^{2+} , а плутоний - частично в шести и в четырехвалентное состояние, PuO_2^{2+} и Pu^{4+} соответственно.

Разрушение топливной композиции при растворении приводит к освобождению всех радиоактивных продуктов деления. При этом газообразные продукты деления попадают в систему сброса отходящих газов.

Лучше растворение проводить в присутствии кислорода. В этом случае процесс протекает без выделения газов, например по реакции:



Расход кислоты снижается, а радиоактивные ксенон, криптон и пары йода не разбавляются азотом и оксидами азота.

Большая часть продуктов деления растворяется в азотной кислоте с образованием нитратов соответствующих элементов. Однако при высокой степени выгорания топлива, часть осколочных элементов полностью в раствор не переходит и образует нерастворимые взвеси. К таким элементам относятся, прежде всего, рутений и молибден. В нерастворенном виде остаются части углерода и кремния, которые могут

присутствовать как в материале сердечника, так и в смазочных материалах. Полученный в процессе растворения азотнокислый раствор ядерного топлива, содержащий все сопутствующие компоненты (продукты деления, конструкционные материалы, примеси), направляют на дальнейшую переработку.

Эффективность процесса экстракции и, в частности бесперебойная работа экстракционного оборудования, достижение запланированных коэффициентов очистки ценных компонентов от продуктов деления и получение высоких коэффициентов разделения урана и плутония во многом зависит от состава раствора, поступающего на экстракцию. При этом кроме факторов, непосредственно влияющих на коэффициенты очистки и разделения (общая концентрация солей в растворе, концентрация кислоты, окислителей, восстановителей, присутствие комплексообразователей и т.д.), на ход экстракционных процессов влияют присутствующие в растворе макровзвеси и коллоиды.

В процессе экстракции взвеси концентрируются на границе раздела фаз, образуя пленки, стабилизирующие капли эмульсии и уменьшающие скорость расслаивания фаз.

При значительном накоплении взвесей в зоне расслаивания образуется объемный осадок, который нарушает режим работы экстракционных аппаратов, снижает их производительность, эффективность и длительность бесперебойной работы.

Поэтому на стадии подготовки растворов к экстракции серьезное внимание уделяется их осветлению.

Для осветления растворов в промышленных условиях чаще всего используют центрифугирование или фильтрацию через твердые фильтрующие материалы. Для повышения скорости осаждения твердой фазы в осадительных центрифугах со шнековой выгрузкой в суспензию вводят синтетические полиэлектролиты, вызывающие флокуляцию частиц или их агрегирование [2].

Основными приводами ротора и шнека осадительных центрифуг являются асинхронные электроприводы. В современной приводной технике управление частотой вращения асинхронных двигателей осуществляют с помощью частотных преобразователей, с использованием которых разработан, изготовлен, смонтирован местный пульт автоматизированного управления центрифугой. Функциональная схема установки центрифугирования с использованием преобразователей фирмы «Danfoss» и местного пульта управления представлена на рисунке 1.

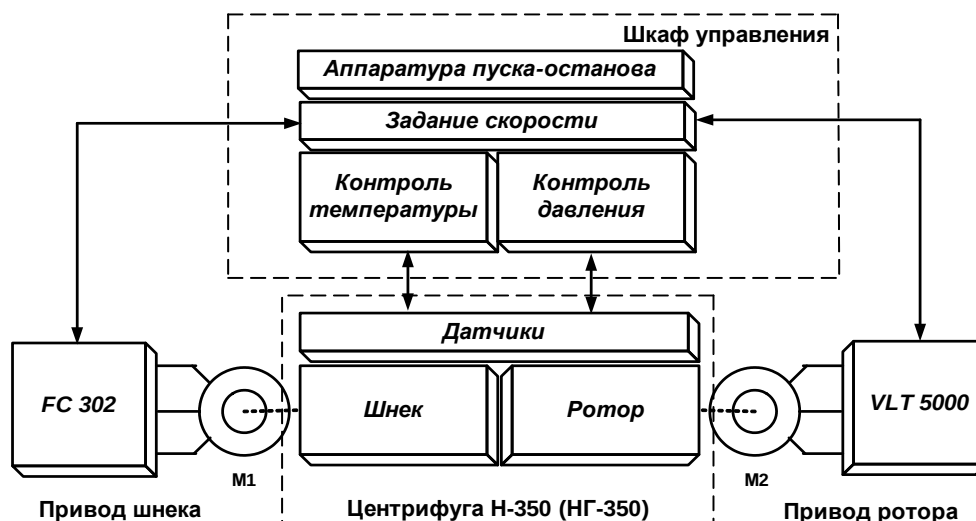


Рис.1. Модернизированная установка центрифугирования на базе Н-350 (НГ-350)

Модернизированная схема управления позволяет изменять угловые частоты вращения ротора и шнека для задания таких режимов работы агрегата, при которых становится возможным:

- по необходимости снижать фактор разделения центрифуги в 2-4 раза, чтобы избежать разрушения агрегированных частиц в слишком напряженном силовом поле;
- регулировать относительную линейную скорость ротора и шнека в пределах $0 \dots 1$ м/с, чтобы избежать репульпации и взмучивания транспортируемого осадка;
- выбирать оптимальную загрузку барабана центрифуги для переработки сырья различного состава.

Режимы работы электроприводов задаются дистанционно с лицевой панели шкафа управления. В этом же шкафу смонтирована коммутационная аппаратура электроавтоматики для пуска-останова электроприводов, измерительные приборы и регуляторы системы контроля давления и температуры охлаждающей жидкости в подшипниках торцевых уплотнений. В случае падения давления охлаждающей жидкости или превышения допустимой температуры подшипников коренных опор ротора центрифуги аппаратура пульта управления автоматически отключает электропитание двигателей электроприводов. Текущий контроль давления и температуры ведется по показаниям табло локальных микроконтроллеров.

Целью испытаний модернизированной установки являлось определение работоспособности схемы управления и определение экспериментальной зависимости коэффициента очистки от расхода продукта, подаваемого на вход центрифуги. С помощью частотных преобразователей частота вращения ротора была установлена на уровне 3600 об/мин, а относительная частота

вращения шнека – 30 об/мин. На вход центрифуги подавалась суспензия сначала без флокулянта, затем с добавлением флокулянта. Нормальная выгрузка осадка шнеком центрифуги обеспечивалась при концентрации твердых веществ до 60 г/л. Результаты экспериментов представлены на рисунке 2.

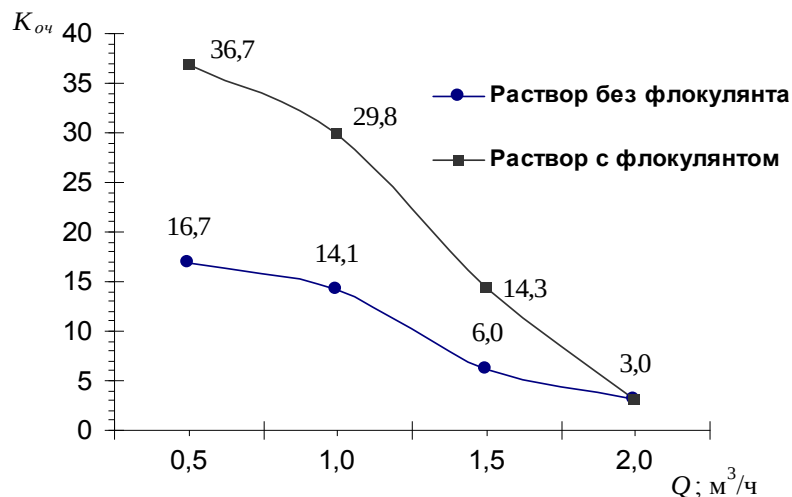


Рис.2. Зависимость коэффициента очистки $K_{оч}$ от расхода раствора Q

Как видно, применение флокулянтов положительно влияет коэффициент очистки.

Для предотвращения процессов разрушения флоккул необходимо уменьшать частоту вращения ротора центрифуги с учетом изменения центробежных сил в обратно квадратичной зависимости, снижая радиальную скорость осаждаемых частиц. Диапазон изменения частоты вращения ограничен областью работы ротора на частотах выше его резонансных частот. Разрушение флоккул зависит также от объемной нагрузки на центрифугу. При увеличении объема суспензии, подаваемой в ротор, увеличивается скорость входного потока при постоянном диаметре питающего трубопровода. Именно этим объясняется снижение коэффициента очистки раствора.

Итак, в технологии очистки растворов урана от нерастворимых механических примесей целесообразно применять осадительные центрифуги непрерывного действия с использованием алгоритмов управления многосвязной системой регулирования. Окончательную подготовку исходного раствора к экстракции проводят в специальных аппаратах для корректировки кислотности и состава раствора. Стадия корректировки исходного раствора включает стабилизацию плутония и непутия в экстрагируемом четырех- и шестивалентном состоянии, которую проводят нитритом натрия или оксидами азота. При переработке топлива с высоким содержанием плутония целесообразно осуществлять его электрохимическое окисление, чтобы избежать введения в раствор большого количества солеобразующих веществ,

увеличивающих объем высокоактивных сбросов. В основе технологии выделения урана и плутония, их разделения и очистки от продуктов деления лежит процесс экстракции урана и плутония трибутилфосфатом (ТБФ). В результате уран и плутоний очищаются от продуктов деления в миллионы раз.

В настоящее время на радиохимических производствах различных стран мира используют два типа экстракторов – смесители-отстойники с пульсационным или механическим перемешиванием фаз и пульсационные или насадочные колонны. Одним из недостатков таких аппаратов является большое время контакта фаз (от 1 мин. и более), что позволяет перерабатывать растворы с удельной активностью не более 100 Ки/л, при увеличении которой наступает резкое ухудшение работы экстрактора. Это связано с повышением интегральной дозы радиационного облучения экстрагента, приводящим к его усиленному радиолизу, появлению большого количества продуктов разложения и выпадению объемных межфазных образований.

Эти недостатки можно преодолеть путем сокращения времени контакта фаз путем использования пульсационных колонн со стабилизированными потоками фаз или центробежных экстракторов. Кроме того введением эффективной системы очистки экстрагента и разбавителя от продуктов их радиолиза, введением агентов, образующих комплексы с цирконием, оптимизацией процесса экстракции путем подбора концентрации азотной кислоты, соотношения потоков органической и водной фаз, степень насыщения экстрагента ураном.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ядерная энергетика. /Под редакцией Г. Кесслера. Пер. с англ. под ред. Ю.И. Митяева. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 265 с.
- 2 Соколов В.И. Центрифугирование. – М.: Химия, 1976. – 408 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ УРАН СОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ К ЭКСТРАКЦИОННОЙ ОЧИСТКЕ

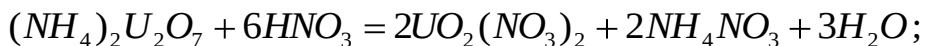
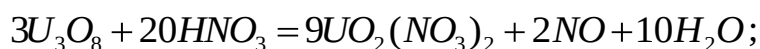
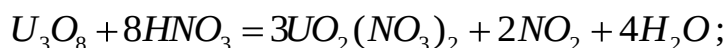
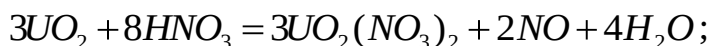
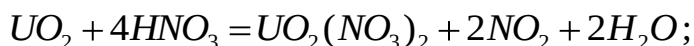
Пашинский А.В., Пищулин В.П., Хлебус К.А.

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

В данной работе рассматривается подготовка уран содержащего сырья к экстракционной очистке и моделирование процесса разделения суспензии в роторе осадительной центрифуги.

Концентраты урана, поступающие с первичных заводов Приаргунского горнохимического комбината, Намибии, Казахстана, Узбекистана, целесообразно подвергать экстракционному аффинажу с целью получения ядерночистых соединений урана, необходимых для получения горючего для АЭС.

На первой стадии урановые концентраты растворяют в растворе азотной кислоты концентраций ~350 г/л при температуре 80-90⁰С. При этом в зависимости от состава исходного сырья протекают следующие реакции:



По окончании процесса растворения концентратов урана из Намибии остается тонкодисперсный, плохо отделяющийся темно-бурый твердый осадок с диаметром частиц до 20 мкм. При растворении концентратов из Казахстана и Узбекистана получается осадок, содержащий до ~40% SiO₂,

до 10-12% Р, до 5-8% Мо и Mg, до 1-2% U, As, Ca, Fe, Zr. При этом объемная доля твердой фазы в суспензии составляет 1-4%.

Целесообразно для отделения твердой фазы перед экстракционной очисткой применить коагулянты и флокулянты и отстойное центрифугирование, что позволяет снизить содержание твердой фазы в фугате до минимальных значений, влажность осадка $\sim 30\%$. При этом концентрация урана в фугате обеспечивается на уровне 200-500 г/л, а азотной кислоты – 30-83 г/л.

После центрифугирования сгущенная пульпа с нерастворимыми примесями и промывной раствор самотеком поступает на переработку и последующее захоронение, а фугат в виде раствора нитрата уранила отводится в бак-накопитель, из которого при помощи насоса перекачивается в напорную емкость, откуда самотеком поступает в колонну на дальнейший экстракционный передел.

В реальных условиях при разгоне ротора в обрабатываемом жидкостном объеме в основном протекают процессы формирования осадка на стенке ротора и отвода отфильтрованной жидкости через окна. По выходе на установившийся режим работы центрифуги типа ОГШ в течение непродолжительного интервала времени, процесс отделения жидкости в основном завершается. После чего, в роторе центрифуги последовательно реализуются процессы промывки, сушки и выгрузки осадка. Нами проведен количественный анализ кинетики формирования осадка в период разгона ротора.

Процесс обработки суспензии в роторе центрифуги ОГШ в начальный период можно условно разделить на три стадии: формирование осадка, обезвоживание фильтрованием жидкостного слоя над поверхностью осадка и обезвоживание собственно осадка (условно - стадии безнапорной и напорной фильтрация).

Исследование кинетики процесса разделения гетерогенной жидкостной системы на этапе формирования осадка в роторе центрифуги проведено на базе уравнений динамики совместного движения взаимопроникающих взаимодействующих сред двухфазной жидкостной системы, согласно модели Рахматулина-Нигматулина.

Полагая, что жидкостная фаза суспензии является ньютоновской жидкостью вязкостью μ_c и плотностью ρ_1 , твердая фаза смеси состоит из сферических частиц диаметром d_{oc} и плотностью ρ_2 . Поток суспензии, ограниченный (в цилиндрических координатах) стенкой ротора радиусом R и свободной поверхностью радиусом r_0 , является слоистым и осесимметричным. Данный поток вращается вместе с ротором как квазитвердое тело с той же угловой скоростью (рисунок 3.11). Кроме того, предполагаем, что в осевом и окружном направлениях частица движется как взвешенная. С этих позиций, анализируя первую стадию процесса

центробежной обработки суспензии, будем определять скорость седиментации, расход твердой фазы и время осаждения твердого в жидкости.

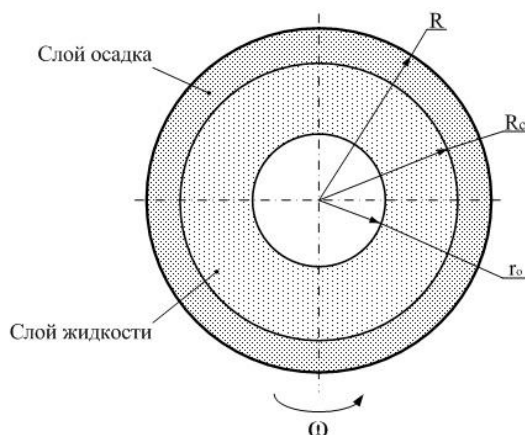


Рис.1. Эскиз к процессу разделения суспензии в роторе центрифуги

Так как относительное движение твердых частиц во внутриворотном потоке характеризуется сравнительно небольшими значениями чисел Рейнольдса, то даламберовой силой инерции можно пренебречь. В результате чего, в качестве уравнений осесимметричного безинерционного совместного движения фаз смеси в системе координат, жестко связанной с ротором центрифуги, выбираем кинетические уравнения:

$$\begin{cases} \frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial (r \cdot c_1 \cdot v_1)}{\partial r} = 0; \\ \frac{\partial c_2}{\partial t} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial (r \cdot c_2 \cdot v_2)}{\partial r} = 0; \\ -c_1 \cdot \frac{\partial p}{\partial r} - K_\mu \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot (v_1 - v_2) - \rho_1 \cdot c_1 \cdot \omega^2 \cdot r = 0; \\ -c_2 \cdot \frac{\partial p}{\partial r} - K_\mu \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot (v_1 - v_2) - \rho_2 \cdot c_2 \cdot \omega^2 \cdot r = 0; \\ \text{при } K_\mu = \frac{18 \cdot \mu_c}{d_{oc}^2} \cdot \psi \cdot c_2, \end{cases}$$

Первые два уравнения системы выражают закон сохранения массы, третье и четвертое – закон сохранения импульса по каждой из фаз смеси.

По своей структуре – это дифференциальные уравнения в частных производных первого порядка. В совокупности с балансовым соотношением по концентрациям эти уравнения связывают пять неизвестных величин: c_1, c_2, v_1, v_2, p .

Решая данную систему, масса осевшего осадка на стенке ротора составляет:

$$M = 2\pi \cdot R \cdot H \cdot W_2'.$$

Принимая во внимание выше рассмотренную математическую модель кинетики формирования осадка на стенке ротора, и полученные при материальном и конструктивном расчете параметры проектируемой центрифуги, проведено математическое моделирование процесса кинетики формирования осадка.

При изменении скорости вращения ротора центрифуги построена кривая зависимости $t = f \omega$, по которой можно сказать, что процесс разделения суспензии протекает практически мгновенно.

Из-за того, что в процессе растворения оксидов регенерированного урана возможно образование плохотрафируемого мелкодисперсного осадка, способного вызвать отклонения в технологическом процессе, так же приведена зависимость требуемого времени для полного разделения суспензии от объемной концентрации твердой фазы с постоянной скоростью вращения ротора центрифуги. Так как с ростом объемной концентрации твердой фазы в суспензии, скорость дрейфа свободной частицы резко уменьшается, то для более полного отделения плохотрафируемого мелкодисперсного осадка, необходимо увеличить время пребывания суспензии в роторе центрифуги.

Таким образом, зная время формирования осадка на стенке ротора, определен максимально возможный выход отработанной твердой фазы (шлама), с учетом изменения скорости вращения ротора центрифуги, принимая во внимание возможность изменения производительности центрифуги в пределе от $G_{\min}$ до $G_{\max}$.

Так же по графической зависимости выхода массы осевшего вещества от скорости вращения ротора центрифуги можно сделать вывод, что с увеличением скорости вращения ротора центрифуги выход отработанной твердой фазы резко возрастает, и может быть задан путем изменения скорости вращения ротора центрифуги.

МЕТОД ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД ДИНАМИЧЕСКОЙ СОРБЦИЕЙ В УСЛОВИЯХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

**Сваровский А.Я., Пищулин В.П., Макаров Ф.В., Скоромкина А.Н.,
Шарифулин С.А.**

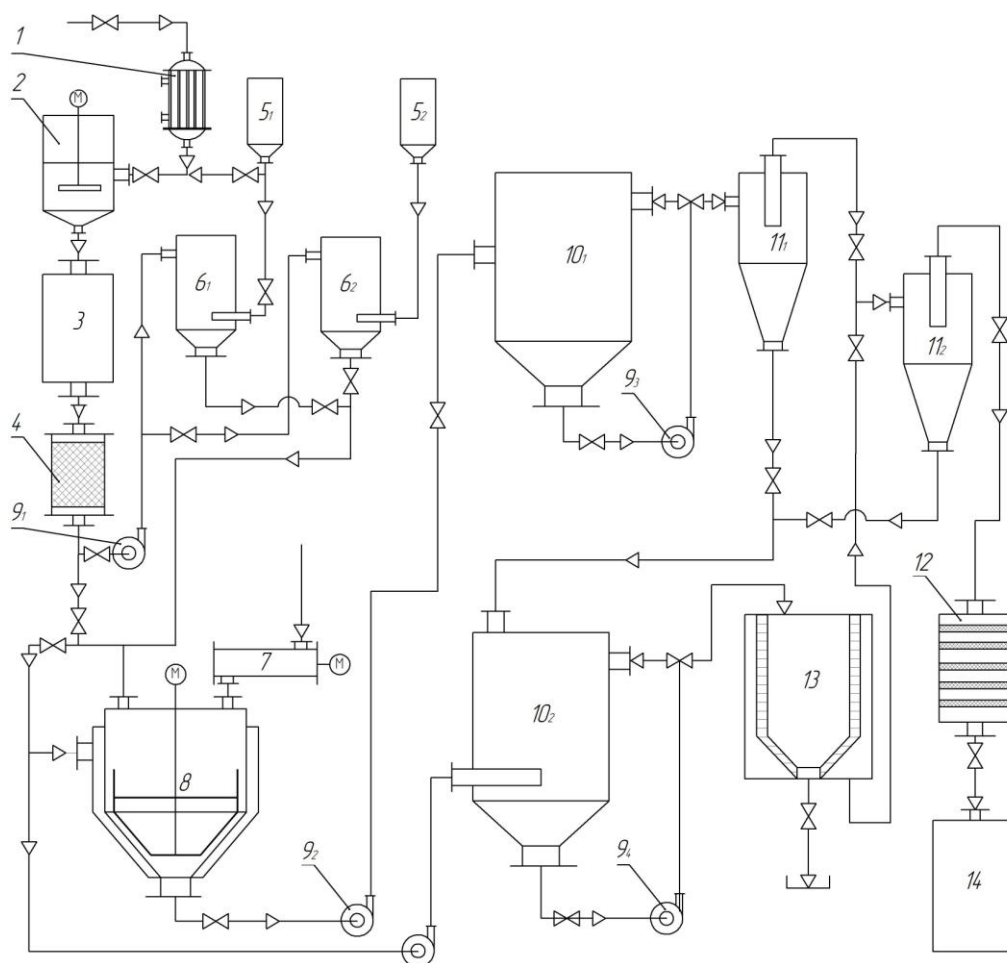
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г.Северск-36, Томской области, пр.Коммунистический,65, E-mail: pischulin@ssti.ru

В статье представлены результаты НИОКР по комплексной переработке торфа с получением солей гуминовой кислоты, применения их в процессе очистки радиоактивных вод методом динамической сорбции радионуклидов, что является актуальной задачей охраны окружающей среды.

В практике очистки радиоактивно-загрязненных вод из-за большой стоимости синтетических катионитов обращалось серьезное внимание на поиск природных сорбентов [1]. Салан и др. (Венгрия) привели данные по удержанию продуктов деления на гуминовых кислотах. Авторы показали, что UO_2^{2+} и продукты деления хорошо сорбируются на содержащихся в торфе нерастворимых солях гуминовых кислот. При сорбции катионов емкость 1,0 т торфа равна ~ 1000 г-экв и через него можно пропускать от 1000 до 10000 м³ слабозасоленных вод. Вудхест, Дадж показали, что и на анионитах частично сорбируется ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{95}Zr , ^{144}Pm и другие изотопы.

Костирко (ПНР) исследовал поглощение торфом радиоактивных изотопов ^{24}Na , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{137}Cs и РЗЭ. Емкость изученных сортов торфа составляла от 6,0 до 47 мг-экв на 100 г; скорость фильтрации 30 мл/(см²·мин); pH = 5; количество солей в очищенных растворах от 0,2 до 1,2 г/л. Торф после этих операций не регенерировался [1].

На кафедре МАХП СТИ НИЯУ МИФИ разработана аппаратурно-технологическая схема установки получения солей гуминовой кислоты, приведенная на рисунке 1, выполнено конструирование нестандартного оборудования на стадии эскизного проекта, а также компоновочные решения установки в модульном исполнении для коммерциализации проектов комплексной переработки торфа в сибирском регионе.



1 – теплообменник; 2 – реактор-смеситель; 3, 10₁, 10₂ – промежуточные емкости; 4 – волокнистый фильтр; 5₁ – дозатор водного раствора аммиака; 5₂ – дозатор перекиси водорода; 6₁, 6₂ – емкости рабочих растворов; 7 – питатель шнековый; 8 – экстрактор; 9₁, 9₂, 9₃, 9₄ – насосы; 11₁, 11₂ – гидроциклоны; 12 – фильтр; 13 – центрифуга; 14 – сборник готовой продукции.

Рис.1. Аппаратурно-технологическая схема получения солей гуминовой кислоты

Подготовка торфа проводится путем его сепарирования и измельчения. Сепарирование торфа осуществляется на вибросите с диаметром ячеек 20-25 мм, где происходит его отделение от частиц (очеса, древесины, корневищ) размером свыше 25 мм, до их содержания не более 10 %.

После сепарирования торф подают в измельчитель, из которого выходят частицы диаметром от 3 до 5 мм.

Поступающую в производство воду подвергают очистке. Подогретую воду, до 40 °С в теплообменнике 1 подают в реактор-смеситель 2. Туда же поступает 25 % -ый раствор гидроксида аммония в пропорции 0,8 мл раствора на 1 л воды. Далее полученный раствор поступает в промежуточную емкость 3, где в течении до 10 мин происходит выпадение осадка в виде солей жесткости. Завершающим этапом очистки воды является фильтрование раствора через волокнистый фильтр 4.

Подготовленный торф и обработанную воду подают в экстрактор 8. Соотношение торфа к воде поддерживают 1:10 или 1:12. Торф с водой перемешивают в экстракторе в течение 1-2 мин до полного смачивания торфа и равномерного распределения его в водной суспензии. Концентрированный водный раствор гидроксида аммония из емкости 5_1 подают в промежуточную емкость рабочего раствора 6_1 и разбавляют технической водой до требуемого объема. К водной суспензии в экстракторе 8 добавляют рабочий раствор гидроксида аммония. Торфощелочную суспензию перемешивают в течение 10 мин.

Перекись водорода из емкости 5_2 подают в емкость рабочего раствора перекиси водорода 6_1 и разбавляют технической водой до требуемого объема. Рабочий раствор перекиси водорода переливают в экстрактор 8.

Щелочную суспензию торфа в экстракторе подогревают до $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем процесс экстрагирования осуществляют при температуре $118\text{--}122\text{ }^{\circ}\text{C}$. Время экстракции - 4 часа.

После окончания процесса экстракции полученную суспензию при помощи насоса 9_2 подают в емкость 10_1 .

Полученную суспензию отправляют насосом 9_3 , на первую стадию сепарации в гидроциклон 11_1 , где под действием центробежной силы твердый осадок отделяется от жидкой фазы. Далее жидкая фаза поступает во второй гидроциклон 11_2 , где происходит более глубокая очистка раствора солей гуминовой кислоты. Твердый остаток с гидроциклонов 11_1 и 11_2 поступает в промежуточную емкость 10_2 , где он смешивается с паром и перекачивается насосом 9_4 в центрифугу 13 для окончательного отжима.

Раствор солей гуминовой кислоты из гидроциклона 11_2 и центрифуги 13 поступает на стадию окончательной очистки в фильтр 12 и далее собирается в емкости для готовой продукции 14.

Для получения одного литра соли гуминовой кислоты необходимо: 0,66 кг торфа; 0,04 л 25 % водного раствора гидроксида аммония; 0,04 л 30 % перекиси водорода; 1,48 л воды.

Для атомной энергетики и промышленности на кафедре МАХП с учетом разработок ученых ТПУ [2] предложен непрерывный метод динамической сорбции радиоизотопов на зародышах кристаллов карбоната кальция размером до 1,5 мкм. В вихревых потоках аппарата проводится процесс очистки вод при числах $Re = 5,8 - 6,0 \cdot 10^5$ в условиях гидродинамической кавитации с одновременным введением солей гуминовой кислоты и 25 % раствора гидроксида аммония в зону кавитации при температуре процесса $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Соли гуминовой кислоты в этом процессе эффективно диспергируются в очищаемой воде за счет кавитационных пузырьков, а также служат одновременно коллектором для радиоизотопов и нанесенным катализатором на образующихся частицах карбоната кальция

и гидроксида магния с выпадением их в осадок и выводом из аппарата в непрерывном режиме процесса деионизации вод для дальнейшего цементированния или битумирования.

Организация процесса динамической сорбции согласуется с законом Дернера – Хоскинса, согласно которому количество удаляемого стронция пропорционально выводимой жесткости (количеству кальция, переведенному в твердую фазу) [3]. Применение этого метода позволит наряду со ^{90}Sr удалять и другие изотопы, главным образом ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{95}Zr , ^{95}Nb , РЗЭ. Их содержание после осаждения CaCO_3 снижается в 10-100 раз; по β -активным изотопам коэффициент очистки равен 12, а по ^{90}Sr = 100.

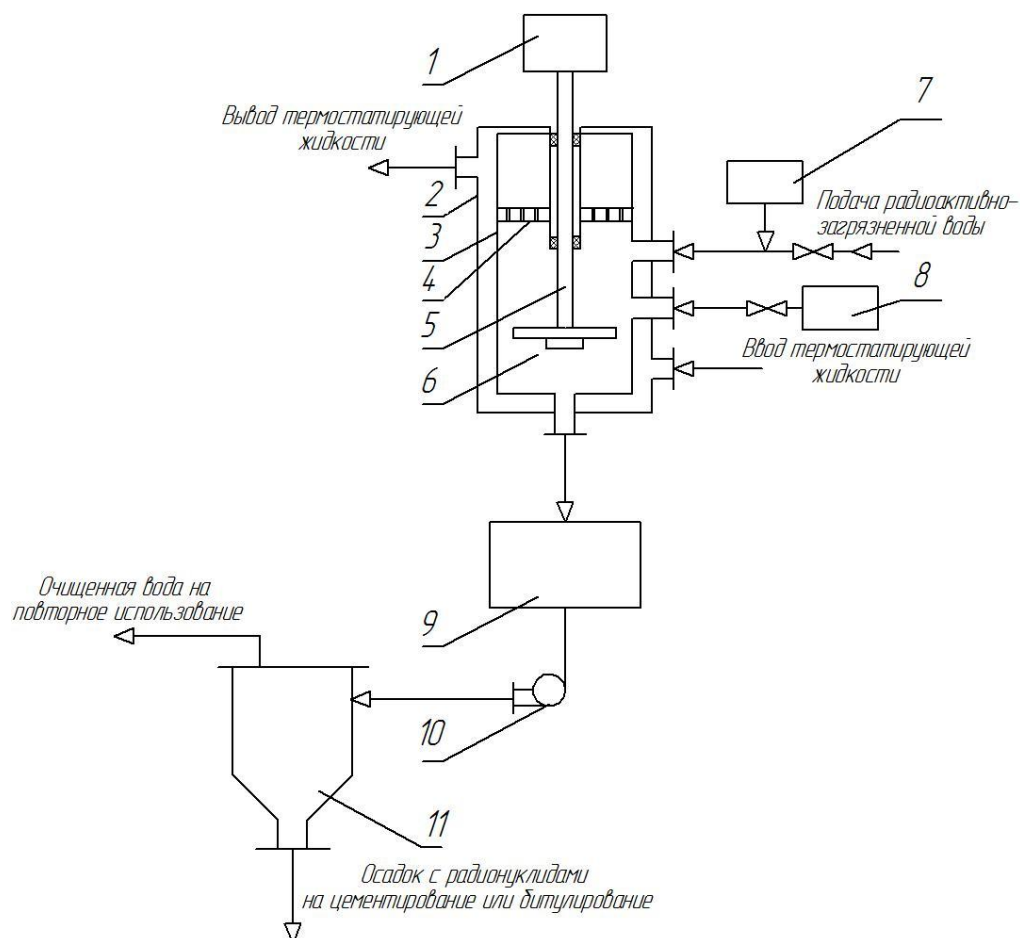
Опытный реактор для очистки радиоактивно-загрязненных вод методом динамической сорбции представлен на рисунке 2. На основании экспериментальных данных найдены характеристики аппарата с дисковой мешалкой для умягчения воды до 72-76 % при добавлении 25 % водного раствора гидроксида аммония. Диаметр реакционной зоны аппарата D , диаметр мешалки d , высота слоя воды в аппарате H имеют следующие соотношения: $D/d = 2,02$; $H/D = 0,3$.

Высокотурбулентный поток деионизируемой воды, создаваемый механической мешалкой, при сильной завихренности потока в аппарате образует гидродинамическую кавитационную зону, где схлопыванием кавитационных пузырьков с большой скоростью и создается довольно ограниченная кавитационная зона с многократным воздействием ударных давлений.

Низкая прочность деионизируемых вод, связанная с наличием в них кавитационных зародышей (солей жесткости, плохо смачиваемых твердых частиц, пористых частиц, заполненных газом, микроскопических газовых пузырьков, нерастворимых ионных образований) обеспечивает наилучшие условия для диспергирования солей гуминовой кислоты в качестве нанесенного катализатора и коллектора для динамической сорбции радиоизотопов на частицах солей жесткости и других частицах в очищаемой воде.

Процесс деионизации вод в реакторе, представленном на рис. 2, на начальной стадии (пуске) заключается в поступлении вод, водного раствора гидроксида аммония из дозатора 7, раствора солей гуминовой кислоты из дозатора 8 в камеру перемешивания 6, затем включается привод мешалки 5 и производится интенсивное перемешивание мешалкой в течении 40-60 с с образованием устойчивой кавитационной зоны в аппарате. Для исключения образования «воронки» во вращающемся потоке предусмотрен регулятор 4 камеры смешивания 6 аппарата в кавитационном режиме. После обработки раствор поступает в сборник 9 на время от 2 до 10 мин и далее насосом 10 подается в гидроциклон 11. Осадок из гидроциклона с радионуклидами направляется на дальнейшее

цементирование или битумирование, а очищенная вода на повторное использование или сброс в канализацию.



- 1 – электродвигатель с редуктором; 2 – рубашка для термостатирующей жидкости; 3 – корпус аппарата; 4 – регулятор объема камеры смешения; 5 – мешалка; 6 – камера перемешивания (кавитационная зона); 7 – дозатор водного раствора аммиака; 8 – дозатор раствора солей гуминовой кислоты; 9 – сборник воды после динамической сорбции; 10 – насос; 11 – гидроциклон

Рис.2. Схема реактора для очистки радиоактивно-загрязненных вод

В стационарном режиме работы реактора для очистки радиоактивно-загрязненных вод процесс является непрерывным за счет непрерывной подачи очищаемой воды, раствора солей гуминовой кислоты и водного раствора гидроксида аммония в реактор; с учетом кинетических параметров образования солей жесткости воды (карбоната кальция – кальцита и аргонита); быстропротекающего процесса динамической сорбции радионуклидов в зоне гидродинамической кавитации аппарата и дальнейшего накопления деионизированной воды до 10 минут с последующем гидроциклонированием, цементацией или битумированием осадка. При этом в осадке сорбируются радиоактивные изотопы ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{137}Cs и РЗЭ.

Процесс легко выводится на стационарный режим автоматическим регулированием.

Следует отметить следующие преимущества разработанного метода динамической сорбции радионуклидов с применением солей гуминовой кислоты в условиях гидродинамической кавитации. При очистке радиоактивно-загрязненных вод по сравнению с очисткой на фильтрах или в ионообменных аппаратах с неподвижным слоем сорбента достигается компактность установки, уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат, исключение из процесса регенератов, промывных вод и дорогих сорбентов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Косинцев В.И., Куликова М.В., Сегин А.И., Бордунов С.В., Прокудин И.А., Кудрин О.А. Станция питьевого водоснабжения для малых поселков //Известия Томского политехнического университета.-2010.-Т.317, Вып.3. - С.222-226.
- 2 Хоникевич А.А. Дезактивация сбросных вод.- М.:Атомиздат, 1966.-232 с.
- 3 Никифоров А.С., Куличенко В.В., Жихарев М.И. Обезвреживание жидких радиоактивных отходов. -М.:Энергоатомиздат, 1985.-184 с.
- 4 Сваровский А.Я., Скоромкина А.Н. Очистка радиоактивно-загрязненных вод на гуминовых кислотах из торфа // Ядерная энергетика: технология, безопасность, экология, экономика, управление: сборник научных трудов I Всерос. научн.-практ. конференции молодых специалистов Сибири, 19-25 сентября 2010г. – Томск: изд. НИ ТПУ, 2010.- С.230-232.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА УРАНА

Пищулин В.П., Чернощук А.А.

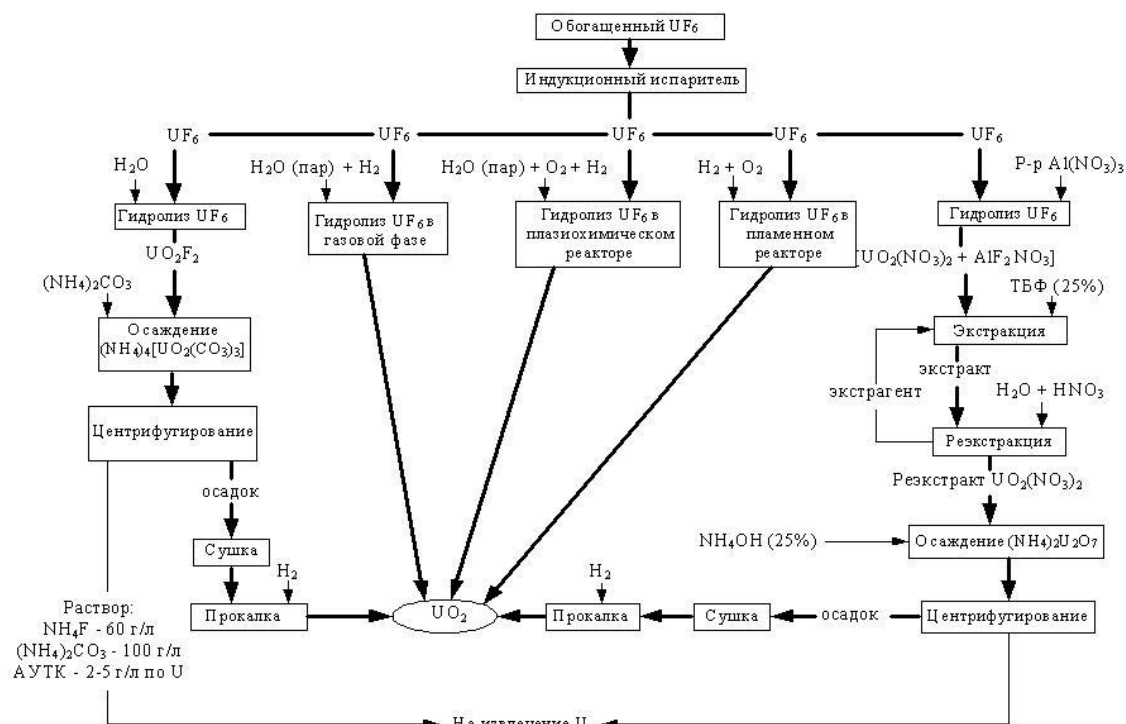
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65, e-mail: pischulin@ssti.ru

В статье рассмотрены методы получения керамического ядерного топлива энергетических реакторов АЭС на основе диоксида урана методом гидролиза гексафторида урана, содержащего 3,6-4,4 % легкого изотопа $^{92}\text{U}^{235}$.

Атомная энергетика, несмотря на Чернобыльскую аварию, серьезное происшествие в Японии на АЭС Фукусима является привлекательной для большинства развитых стран мира. Доля атомной энергетики в производстве электрической энергии составляет от 16 % в России до 75 % во Франции. Основным ядерным топливом энергетических реакторов является керамическое топливо на основе диоксида урана, содержащего 3,6 – 4,4 % легкого изотопа $^{92}\text{U}^{235}$, получаемого различными методами гидролиза гексафторида урана после заводов разделения изотопов урана.

Все методы гидролиза гексафторида урана до диоксида урана можно представить схемой, приведенной на рисунке 1.

Мокрые методы получения диоксида урана обеспечивают высокое качество диоксида урана для получения таблеток ядерного топлива. Однако карбонатный способ характеризуется многостадийностью и большим количеством уран содержащих растворов, требующих сложной системы переработки маточных растворов и возвращения урана в ядерное топливо. Гидролиз гексафторида урана в водных растворах нитрата алюминия с последующей экстракционной переработкой, осаждением полиуранатов аммония из реэкстракторов, отделением осадка диураната аммония фильтрованием или центрифугированием, его сушкой, прокалкой, восстановлением до UO_2 обеспечивает высочайшее качество ядерного горючего, но требует применения разнообразной аппаратуры, большого количества химических реагентов. В последнее время все большее внимание уделяется сухим методам гидролиза гексафторида урана: гидролиз UF_6 водяными парами в барабанных вращающихся печах с добавлением водорода, гидролиз в аппаратах псевдоожиженного слоя, в пламенных и плазмохимических реакторах. Полученный диоксид урана направляется на изготовление таблеток ядерного топлива

Рис.1. Получение диоксида урана UO_2 из гексафторида урана UF_6

Производство порошков диоксида урана, схема которого представлена на рисунке 2, предназначено для переработки оборотных урансодержащих продуктов ядерного топливного цикла НОУ в соответствии с АДУ - процессом. В качестве сырья используются оксиды урана, бракованные таблетки диоксида урана, металлический уран, золы, осадки.

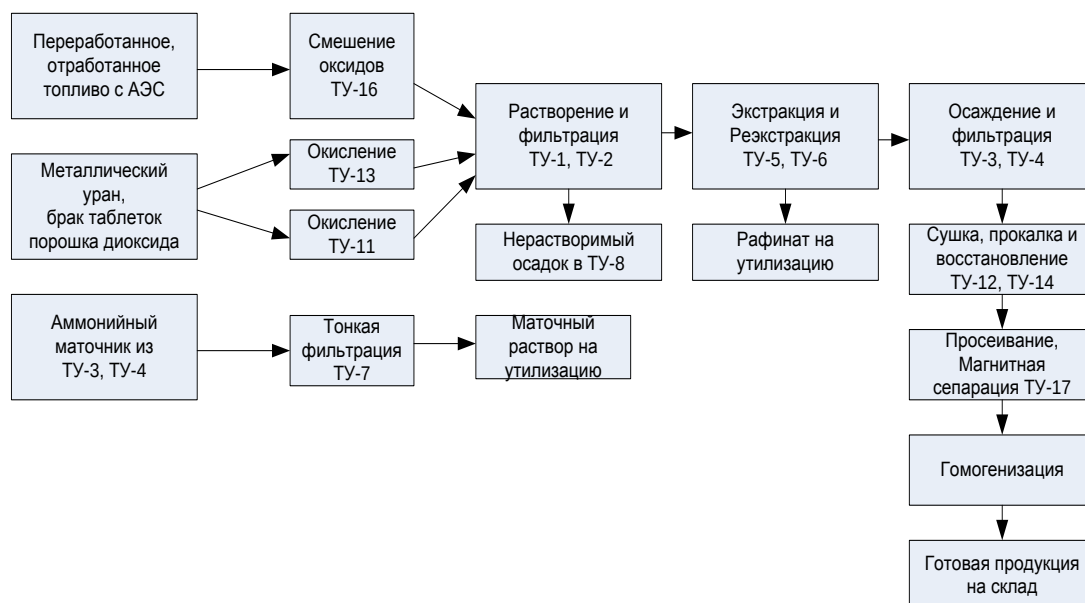


Рис.2. Схема основных процессов производства

Технологический узел ТУ-16 предназначен для смешивания рециклированного сырья различного обогащения с целью получения однородного сырья с обогащением не более 5 %. Далее порошок в контейнерах транспортируется на растворение в ТУ-1,2. Технологический узел ТУ-13 предназначен для окисления брака таблеток и брака порошка до закиси – окиси урана с целью более полного и быстрого их растворения в азотной кислоте. Металлический уран транспортируется на окисление слитков в электрической печи ТУ-11; охлаждение окисленного продукта воздухом. Далее порошок оксидов урана в контейнерах транспортируется на растворение в ТУ-1,2. Технологические узлы ТУ-1,2 предназначены для растворения закиси – окиси, полученной из ТУ-11,13,16 в растворе азотной кислоты; растворения брака порошка и таблеток двуокиси в растворе азотной кислоты; фильтрации суспензий, полученных при растворении. Фильтрат передается на экстракционную переработку в ТУ-5,6. Нерастворимый осадок транспортируется на переработку в ТУ-8. Технологические узлы ТУ-5,6 предназначены для экстракционной очистки богатых растворов урана после растворения исходных продуктов. Экстракционная переработка растворов проходит на установках центробежных экстракторов. Технологические узлы ТУ-3,4 предназначены для осаждения полиуранатов аммония из резкстракта, полученного из ТУ-5,6. Аммонийный маточник направляется на очистку от взвесей в ТУ-7. Оборудование технологических узлов ТУ-12,14 предназначено для сушки, прокалки и восстановления аммонийных солей урана. Кроме того, возможно повторное восстановление продуктов, не соответствующих требованиям технических условий по влаге и кислородному коэффициенту. Далее порошок диоксида урана подвергается просеиванию на вибросите, магнитной сепарации и транспортируется в места временного хранения, после чего используется для изготовления таблеток ядерного топлива для АЭС.

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

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Архипова М.И., Михеенко С.Н.

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

В статье рассмотрены особенности развития инноваций в Томской области, дана оценка динамики развития инновационной активности, определены наиболее инвестируемые отрасли и основные причины инвестирования в область.

Инновации – важный элемент развития любого российского региона. Преодоление научно-технологического отставания, становление на инновационный путь развития имеют огромное значение для успешного решения стратегических проблем, стоящих перед Россией. Поэтому более десяти лет назад Томская область решительно выбрала приоритетом своего развития инновационный сектор экономики.

Сегодня область входит в инновационную пятерку российских регионов, занимая первое место рейтинга инновационной активности по итогам 2011 года. В настоящее время базовыми для участников региональной инновационной экономики являются следующие нормативные правовые акты, которые направлены на создание условий для перевода экономики на инновационный путь развития, создание необходимой инфраструктуры, а также формирование механизмов реализации наукоемких технологий в регионе.

- Закон Томской области «О научной деятельности и научно-технической политике Томской области» (№ 56-ОЗ от 01.12.2000 г.);

- Закон Томской области «Об инновационной деятельности в Томской области» (№ 186-ОЗ от 04.09.2008);

В октябре 2011 года было принято решение о создании на территории Томска Центра образования, исследований и разработок "ИНО Томск 2020" общей стоимостью 15,6 трлн. рублей, который позволит увеличить долю занятого населения с высшим образованием в Томской области до 45 %. Стратегия предполагает увеличение доли инновационно активных предприятий с нынешних 9,3% до 40-50% в 2020 году.

Город Томск уже долгие годы является ведущим российским центром образования, науки и инноваций. Интеллектуальный потенциал города велик: в Томске обучается около 100000 студентов, то есть каждый пятый житель – студент. В Томской области высшее образование имеет 29,7 % занятых в экономике. Наибольшая численность занятых с высшим

образованием приходится на следующие отрасли: ядерный ТЭК, образование, здравоохранение, финансы, управление.

Вузовский комплекс Томской области сконцентрирован на ограниченной территории – г.Томск и г.Северск, а компактность размещения и показатели его концентрации – важные факторы, стимулирующие развитие инновационных процессов в регионе. В высших учебных заведениях и бизнес-инкубаторах города студенты и аспиранты могут разрабатывать, развивать и внедрять свои инновационные проекты. В Томске проводится ряд мероприятий, позволяющих молодым людям заявить о себе и своих проектах, таких как: форумы, встречи, выставки, тренинги. Молодые инноваторы могут принять участие в грантах, конкурсах, получить награды, стипендии и денежные выплаты.

В 2008 году Томский инновационный форум приобрел статус Всероссийского Инновационного форума с международным участием. Он становится одной из ключевых площадок обсуждения инноваций в России.

Каждое третье малое инновационное предприятие Сибири создается при томских вузах. Предполагается, что к 2020 году в Томске будут работать не менее 950 инновационных компаний. Томское ООО «Киберцентр» было первым предприятием в России, созданным в рамках ФЗ-217 в 2009 году. С тех пор благодаря этому закону вузовский инновационный пояс Томска увеличился на 72 предприятия.

Динамика роста финансирования учреждений Томского научно-образовательного комплекса в 2009 году в сравнении с 2008, составила 20%. Объем финансирования в 2010 году превысил 21,5 млрд. рублей, что дало рост более 6 % к уровню 2009 года. В 2011 году объем финансирования учреждений ТНОК превысил 22,8 млрд. рублей, что составило около 6% к уровню 2010 года. За последние 5 лет объем финансирования томских учреждений науки и образования увеличился почти в 2 раза, а за 10 лет – почти в 10 раз.

Сегодня Томский научный центр в числе лидеров не только в области интеграции с университетами, но и в области организации и инновационной деятельности. ТНЦ СО РАН и ТГУ обладают богатой инновационной инфраструктурой. Результатом кооперации ТНЦ СО РАН и университетов является их достаточно высокая конкурентоспособность при участии в конкурсах разного уровня. В Томском научном комплексе создана эффективная база для генерации крупных значимых проектов.

Томск является центром развития технологической платформы «Медицина будущего» на базе Сибирского государственного медицинского университета. Цель проекта – создание сегмента российской медицины, базирующегося на совокупности "прорывных" технологий, определяющих возможность появления новых рынков высокотехнологичной продукции и услуг, а также распространения передовых технологий в медицинской и фармацевтической отраслях.

В последние годы в Томской области появилась разветвленная сеть бизнес-инкубаторов, венчурных фондов и центров трансфера технологий для содействия коммерциализации огромного потенциала научных исследований. Итогом этих усилий стало создание особой экономической зоны (ОЭЗ), которая предлагает значительные налоговые льготы, освобождение от таможенных пошлин и другие преференции для компаний, специализирующихся в области нанотехнологий, информационных технологий, электроники, биотехнологии и медицины. Существуют следующие налоговые льготы резидентам ОЭЗ ТВТ «Томск»: налог на имущество и транспортный налог в течение первых 10 лет – 0%, налог на прибыль – 15, 5%.

Приоритетной задачей с момента создания ОЭЗ г. Томска является формирование системы подготовки персонала для ОЭЗ. Главная роль в этом процессе отводится вузам – победителям федерального конкурса инновационных университетов: ТУСУР, ТГУ и ТПУ, которые разрабатывают новые программы целевой подготовки студентов и исследователей для ОЭЗ г. Томска. По состоянию на 2012 год объем инвестиций в проект достиг более чем 15 миллиардов рублей.

Рассматривается программа подготовительных мероприятий по созданию в регионе ядерного кластера на базе предприятий Росатома, НОК Томской области, организаций медико-биологического агентства, планируется создать третью площадку ОЭЗ в Северске. Профессиональная подготовка инженерных специалистов для атомного кластера ведется с использованием элементов дистанционного образования, инновационной инфраструктуры

Начиная с 2005г. на территории Томской области реализовано более 100 инвестиционных проектов в различных отраслях и кластерах. По уровню роста капитальных вложений область занимает второе место в Сибирском федеральном округе после Красноярского края. Планируется, что объем инвестиций в по итогам 2012 года увеличится на четверть - до 101,9 млрд. рублей. В структуре объема инвестиций в основной капитал (по крупным и средним организациям) преобладают инвестиции, направленные в деятельность по «Добыче полезных ископаемых», на долю которых приходится 40–60% от общего объема инвестиций. Далее по значимости: «Транспорт и связь» — 13-17%, «Обрабатывающие производства» — 10%, «Геологоразведочные, геофизические и геохимические работы в области изучения недр» — 3,5%», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» — 3%, «Строительство» — 2,6%, «Сельское хозяйство» — 2,2%.

Одними из самых значимых инновационных событий Томской области 2011-2012 года стали:

– первое в России производство имплантатов из нанокерамики, которое стартовало в ОЭЗ «Томск»;

- ученые ТПУ создают безаналоговые лекарства точечного действия;
- в мировой рейтинг университетов Webometrics вошли сразу 2 Томских вуза – ТГУ и ТПУ;
- презентация магистерской программы «СколковоТех»;
- подписание соглашения с ОАО «Росатом» о создании в ТПУ центра подготовки иностранных специалистов в области ядерной энергетики;
- сразу 3 инновационных проекта из Томской области взяли первые места в профессиональной премии специалистов в области коммуникаций «Серебряный лучник»;
- малые инновационные предприятия ТПУ отчитались, что заработали в 2011 году 40 млн. рублей;
- СибГМУ получил 37, 5 млн. на создание уникального в своем роде симуляционного центра.

В феврале 2012 года в СТИ НИЯУ «МИФИ» прошло награждение победителей и призеров первого Молодежного инновационного конкурса при поддержке «ТВЭЛ» и ОАО «СХК». В номинации «Инновационные разработки аспирантов и молодых ученых для атомной отрасли» первое место занял сотрудник кафедры физики за разработку математических моделей изготовления таблеток керамического ядерного топлива на основе диоксида урана. В результате были внесены изменения в производственный процесс в ОАО «НЗХК», что позволило повысить экономическую эффективность производства топливных таблеток.

Преодоление отставания в инновационном развитии районов, городов и регионов в целом возможно только за счет усиления предпринимательской деятельности в инновационной сфере и четким механизмам взаимодействия государства, бизнеса и центров знаний.

В рамках региональной инновационной политики Томской области организованы конкурсы НИОКР, участники которых могут получить существенную финансовую поддержку:

1. субсидии до 500 тыс. рублей начинающим малым инновационным компаниям.
2. субсидии до 5 млн. рублей действующим инновационным компаниям (от 1 года и старше), реализующим инновационные проекты.
3. субсидии от 4 млн. рублей на создание высокотехнологичных производств в Томской области.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать основные причины инвестирования в Томскую область:

1. Уникальный человеческий капитал. Томск – ведущий российский центр образования и науки.
2. Богатые природные ресурсы. Область богата полезными ископаемыми (нефть, газ, железные руды и др.), лесными и водными ресурсами. По запасам торфа – второе место в России. Фонд недр

составляет 113 месторождений, в которых сосредоточено 93% разведанных запасов нефти и газа в регионе.

3. Сформирована инфраструктура поддержки инновационной деятельности малого и среднего бизнеса. Функционируют технопарк, 18 бизнес-инкубаторов, 4 инновационно-технологических центра, 13 офисов коммерциализации, центры коллективного пользования и венчурные фонды, а также центры поддержки предпринимательства, кредитные кооперативы, гарантийный фонд и другие структуры.

4. Особая экономическая зона технико-внедренческого типа ОАО ТВТ «Томск». Направления специализации: нанотехнологии, информационно-коммуникационные технологии и электроника, биотехнологии, медицина и информационно-коммуникационные технологии, электроника.

5. Политическая стабильность. Томская область имеет репутацию региона политической стабильности и национальной толерантности. На территории Томской области проживают более 80 национальностей, в том числе малочисленные народы — чулымцы и кеты, насчитывающие менее 100 человек. При этом микроклимат области считается благоприятным, отсутствует национальная и социальная напряженность.

Для эффективного взаимодействия при построении региональных инновационных систем необходим специальный координирующий орган, который бы занимался сбором и анализом поступающей информации, ее обработкой, выявлением конкурентных преимуществ и соответственно коммуникатором инновационного развития в регионе по всей цепочке инновационного цикла от момента зарождения идеи до выхода на рынок готовой продукции. Таким органом должен стать Центр инновационного развития района, или отдел по инновационному развитию города.

Для совершенствования системы управления инновационной деятельностью в области необходимо выработать механизмы взаимоотношений между государством, бизнесом и научно-образовательной средой на региональном уровне. Это позволит усилить региональную экосистему и сбалансировать конкурентные преимущества Томской области.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инвестиционный паспорт Томской области [Электронный ресурс]URL: <http://investintomsk.com/> .
2. Фонд «Петербургская политика» [Электронный ресурс]: Рейтинг инновационной активности в России в 2011 году URL: <http://www.fpp.spb.ru/news.php?id=60> .
3. ОАО «Особая экономическая зона технико-внедренческого типа «Томск» [Электронный ресурс]URL: <http://tomsk.oao-oez.ru/> .
4. Долгосрочная целевая программа «Развитие инновационной деятельности в томской области на 2011-2014 годы» [Электронный ресурс]URL: http://tomsk.gov.ru/export/sites/ru.gov.../program_2011-2014.doc .

ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИННОВАЦИОННОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА, НАУКИ И БИЗНЕСА В РОССИИ И ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Борисова Т.А., Михеенко С.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65, e-mail: t-ania@bk.ru

В статье рассмотрены теоретические аспекты партнерского взаимодействия государства, науки и бизнеса в условиях инновационной экономики на территории Томской области.

К 2012 году Томская область занимает 2-е место в рейтинге российских регионов с наибольшими предпосылками для инновационного развития, что позволило довести долю организаций, осуществляющих технологические инновации в сфере промышленного производства до 17%, обеспечить 25-30% ежегодного прироста инновационной продукции, создавать в год 30-35 новых малых инновационных организаций. Сегодня к инновационному сектору экономики области относятся более 400 предприятия, а рост наукоемкой продукции составляет около 40%.

В Томской области наиболее развиты такие инновационные направления, как: электроника, биотехнологии, информационно-коммуникационные технологии, новые материалы и нанотехнологии.

Для формирования гармоничной инновационной среды на территории Томской области необходимо устранить барьеры, которые сдерживают расширение масштабов инновационной активности предприятий; усилить стимулы к постоянной инновационной деятельности; создать благоприятные условия для появления новых высокотехнологичных компаний, развития рынков продукции и услуг.

В 2005 году Томская область стала одним из 4 регионов - победителей федерального конкурса на создание Особой экономической зоны технико-внедренческого типа "Томск". К 2011 году были достигнуты следующие результаты: число резидентов ОАО "ОЭЗ ТВТ "Томск" - 56 компаний (2009 год - 45), в том числе 7 из них созданы при участии иностранных инвесторов из США, Норвегии, Тайваня, Южной Кореи, Австралии, Германии; объем инвестиций составил 2,68 млрд. руб., в том числе иностранный капитал - 451,1 млн. руб.; объем производства инновационной продукции - 505,9 млн. руб.; создано новых рабочих мест на территории ОАО "ОЭЗ ТВТ "Томск" - 536.

Эффективное инновационное партнерство государства, науки и бизнеса предполагает решение следующих проблем: развитие технико-технологической базы; формирование регионального потребительского рынка для инновационной продукции; построение региональной web-инфраструктуры; принятия соответствующих нормативно-правовых актов,

регулирующих инновационную деятельность; создание инфраструктуры государственной поддержки инновационного бизнеса; совершенствование технологий системы государственного управления; взаимодействие государства с институтами гражданского общества, бизнеса по вопросам стимулирования инновационного развития.

Государственно-частное партнерство (ГЧП) в инновационной сфере – это институциональный и организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации общественно значимых проектов и программ в широком спектре отраслей промышленности и областей научных исследований. ГЧП в сфере инноваций возникает по инициативе государства в силу его доминирующей заинтересованности в развитии инновационной экономики страны.

Создание благоприятных условий для развития ГЧП в инновационной сфере Томской области требует принятия соответствующих нормативных правовых актов и формирования, целой отрасли законодательства, регулирующего как инновационную деятельность вообще, так и вопросы, касающиеся непосредственно государственно-частного партнерства.

В отличие от стран с развитой инновационной системой в России недостаточно развита система государственно-частного партнерства в реализации инновационных проектов – доля организаций, получающих финансирование из бюджета на эти цели, составляет 0,8 процента (в Германии - 8,8 процента, в Бельгии - 12,7 процента).

Следует отметить, что партнерство государства и частного бизнеса на территории Томской области обеспечивает большую отдачу от финансирования научных исследований и позволяет успешно решать вопросы дальнейшей коммерциализации их результатов.

К признакам ГЧП в инновационной сфере можно отнести: стороны партнерства, которые должны быть представлены, как государственным, так и частным сектором экономики; взаимоотношения сторон государственно-частного партнерства должны быть зафиксированы в официальных документах; взаимоотношения сторон государственно-частного партнерства должны носить партнерский, то есть равноправный характер; стороны государственно-частного партнерства должны объединить свои вклады для достижения общих целей.

Российский сектор исследований и разработок на 2011 год насчитывает более 3, 5 тыс. организаций, в которых работает более 750 тыс. человек, примерно половина из которых – исследователи. Внутренние затраты на исследования и разработки в последние годы росли в абсолютном выражении, но при этом по отношению к ВВП составляют чуть более 1 %. По объему затрат (по паритету покупательной способности) Россия близка к таким странам ЕС, как Италия, а по численности исследователей намного превышает крупнейшие страны Европы, любую из стран Европы.

Структура сектора относительно стабильна: основная часть науки по-прежнему сосредоточена в специализированных научно-исследовательских организациях (в том числе, чуть более 20% в организациях государственных академий наук) и конструкторских организациях (более 20%). Несмотря на тенденцию к опережающему росту в предкризисные годы доли вузовского сектора науки (рост доли персонала занятого ИР с 4,2% в 2005 году до 5,3% в 2008) и численности занятых исследованиями и разработками на промышленных предприятиях (рост доли с 5,3% до 6,8%), эти сегменты науки остаются относительно недоразвитыми по отношению к другим странам.

В последние годы организации перерабатывающего сектора экономики в Томской области активно включились в модернизацию собственных производств. Об этом свидетельствуют данные статистического обследования, характеризующие объемы затрат организаций на технологические инновации (2007 год - 3,7 млрд. руб., 2008 год - 3,9 млрд. руб., 2009 год - 5,16 млрд. руб.).

Процесс воспроизводства кадрового потенциала науки, предполагает ряд мер: создание благоприятных условий и стимулов для прихода в науку талантливой молодежи; закрепление способных молодых исследователей в науке; поддержка как сохранившихся, так и возникающих новых научных школ, объединяющих исследователей разных поколений; отработка и внедрение новых моделей аспирантского обучения; привлечение к подготовке аспирантов в научно-исследовательских университетах ведущих российских и зарубежных ученых.

В России принят ряд основополагающих документов, касающихся развития научно-технической сферы: «Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу», «Долгосрочный научно-технологический прогноз развития Российской Федерации на период до 2025 года», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы», и другие.

Ключевым инструментом государственной политики в сфере науки является долгосрочные государственные научно-технические приоритеты. Система приоритетов в области науки и технологий должна базироваться на национальных приоритетах в области модернизации, определенные Президентом Российской Федерации и конкретизировать их в применении к сектору генерации знаний.

Важным инструментом формирования национальных приоритетов технологического развития и объединения усилий бизнеса, науки, государства по их реализации являются технологические платформы.

Технологическая платформа – это коммуникационный инструмент, направленный на активизацию усилий по созданию перспективных коммерческих технологий, новых продуктов (услуг), на привлечение

дополнительных ресурсов для проведения исследований и разработок на основе участия всех заинтересованных сторон (бизнеса, науки, государства, гражданского общества), совершенствование нормативно-правовой базы в области научно-технологического, инновационного развития.

Содействие по формированию и реализации технологических платформ направлено на решение следующих задач: усиление влияния бизнеса и общества на определение и реализацию важнейших направлений научно-технологического развития; выявление новых научно-технологических возможностей модернизации существующих секторов и формирование новых секторов российской экономики; определение принципиальных направлений совершенствования отраслевого регулирования для быстрого распространения перспективных технологий; настройка инструментов государственной политики по стимулированию инноваций, поддержке научно-технической деятельности и процессов модернизации компаний с учетом специфики и вариантов развития отраслей и секторов российской экономики; расширение научно-производственной кооперации, формирование новых партнерств в инновационной сфере, новых цепочек формирования добавленной стоимости и производства продукции (услуг) более высокого передела; развитие центров превосходства и центров компетенций в научно-технологической сфере, повышение потенциала для реализации сложных научно-технологических проектов, требующих участия различных организаций, междисциплинарного взаимодействия.

Основой технологического прорыва Томской области в ближайшие 15 лет станет развитие инновационных технологий и создание опережающего научно-технологического задела в целях разработки принципиально новых видов материалов, продукции, обладающих ранее не достижимыми возможностями, а также технологий, формирующихся на стыке различных предметных областей в рамках эффективного партнерства государства, науки и бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики [Электронный ресурс] URL: <http://www.nauteh-journal.ru/index.php/---ep12-02/396>
2. Гарант информационно-правовой портал [Электронный ресурс] URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/>
3. Успехи современного естествознания [Электронный ресурс] URL: http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7785854
4. Долгосрочная целевая программа «Развитие инновационной деятельности в Томской области на 2011-2014 годы».

МЕТОДЫ СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЕЗАДАПТИРОВАННЫХ ПОДРОСТКОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ

Журавель М.А.

СТИ НИЯУ «МИФИ», 636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65

В статье рассматриваются методы социально-педагогического сопровождения дезадаптированных подростков в процессе их профессионального обучения. Ключевые понятия статьи: методы социально-педагогического сопровождения, практико-действенные методы; побудительно-оценочные методы; информационно-познавательные методы; коррекционно-развивающие методы; диагностические методы.

Проблемы профессионального обучения дезадаптированных подростков являются актуальными в данное время, так как в кризисных условиях труд является средством самообеспечения. Для лучшего освоения профессиональной деятельности подростками в образовательных учреждениях применяется система социально-педагогическое сопровождение. Цель социально-педагогического сопровождения – создание оптимальных условий для профессионального и индивидуального развития личности подростка [2].

Социально-педагогическое сопровождение осуществляется всеми субъектами образовательного процесса, поэтому все методы социально-педагогического сопровождения должны:

- отвечать целям и задачам воспитания и обучения;
- учитывать особенности образовательного процесса;
- учитывать индивидуально-личностные особенности учащихся.

На основании этого можно выделить пять групп методов:

1. Практико-действенные методы;
2. Информационно-познавательные методы;
3. Побудительно-оценочные методы;
4. Коррекционно-развивающие методы;
5. Диагностические методы.

1. Практико-действенные методы – формируют практические умения и навыки, способствуют формированию таких качеств как самостоятельность, хозяйственность, экономность и организаторские качества.

- Метод упражнений – повторное выполнение умственных и практических действий с целью овладения ими или повышения их качества. Способствует закреплению практических и теоретических знаний в деятельности.

- Метод приучения – организация регулярного выполнения действий с целью их превращения в привычные. Этот метод позволяет освоить профессиональные действия в совершенстве.

- Метод иллюстраций – показ предметов, процессов и явлений в их символическом изображении с помощью плакатов, карт, схем, рисунков, альбомов, атласов.

- Игровой метод. Этот метод повышает эффективность образования за счет активного включения учащихся в процесс не только получения, но и непосредственного использования знаний. В ходе игры происходит ускоренное освоение предметной деятельности за счет активной позиции обучающихся. Игровой метод связан с определением роли и ее принятием, которое осуществляется на трех уровнях: когнитивном, эмоциональном и поведенческом.

Игры условно разделяют на три основные категории: оргдеятельные, деловые, ролевые. Наиболее сложными, является деловая учебная игра – форма воссоздания предметного и социального содержания профессиональной деятельности, моделирование систем отношений, характерных для данного вида практики. Условия ее реализации приближены к реальной трудовой деятельности [1].

В ходе деловой игры используются дискуссионные методы, которые позволяют уйти от эгоцентрического мышления, учат вставать на точку зрения другого, дают эмоциональный импульс в поисковой активности учащихся и реализуются в конкретных действиях. Дискуссия стимулирует творческую активность и побуждает к высказыванию собственной позиции, к ее защите. В процессе дискуссии у учащихся вырабатывается собственное мнение и происходит осознание многообразия точек взглядов и позиций.

2. Информационно-познавательные методы:

- Метод словесного обучения – средство, активизирующее познавательную и практическую деятельность обучающихся. К ним относится: рассказ, беседа, объяснение.

- Метод проблемного изложения – представляет собой создание проблемной ситуации, в основе которого лежит противоречие. Педагог-мастер сам ставит проблему, и сам ее решает, показывая тем самым последовательное выполнение профессиональных действий. Учащиеся, при этом усваивая этапы решения целостных проблем. В то же время они не только воспринимают, осознают и запоминают готовые действия, но и следят за последовательностью их выполнения.

- Эвристический метод – помогает учащимся решать поставленные задачи ни от начала и до конца, а лишь частично. Педагог и учащийся работают вместе. Часть знаний сообщает педагог, а часть знаний учащийся добывает самостоятельно [1].

- Метод проектов – развивает навыки исследовательской работы. Педагог выстраивает программу развития обучающегося. Сфера исследования может быть любая психологическая или производственная.

- Метод наблюдения – дает возможность целенаправленного восприятия и более широкого сбора информации; наблюдение за поведением, наблюдение за выполнением работы.

- Метод диалога. Диалоговое общение предполагает равенство позиций и выражается в активной роли обучающегося в образовательном процессе, при котором субъекты равноправны, а процессы познания происходят во взаимодействии через взаимопознание и взаимопонимание.

3. Побудительно-оценочные методы:

- Педагогические требования – предъявление требований к выполнению определенных норм, правил, законов, традиций принятых в обществе.

Требование для учащихся может выражаться в виде: совокупности правил общественного поведения, реальных задач, конкретных указаний о выполнении какого-либо действия, просьбы, совета, инструкции.

По форме требования бывают прямые и косвенные. В социально-педагогическом сопровождении в основном применяются косвенные требования, они апеллируют к переживаниям, мотивам, интересам учащихся.

- Методы стимулирования поведения и деятельности. Сущность действий этой группы методов состоит в побуждении к социально одобряемому поведению, или торможению, сдерживанию нежелательного поступка. Побудителем к поступку и средством закрепления выступает поощрение, одобрение, осуждение.

4. Коррекционно-развивающие методы направлены на принятие подростками осознанного восприятия определенных норм поведения.

- Социально-психологический тренинг, основан на методах групповой работы, входе которого происходит овладение знаниями социально-психологического характера и корректируется поведение. В процессе тренинга формируются навыки межличностного взаимодействия, развивается способность к рефлексии и умение быстро и гибко реагировать на ситуацию и перестраивать свое поведение. Социально-психологический тренинг помогает учащимся познать, исследовать себя, посмотреть на себя со стороны, понять других. Позволяет экспериментировать с различными стилями общения, усваивать и обрабатывать новые умения и навыки взаимодействия, ощущая при этом психологический комфорт и защищенность [2].

- Метод коммуникативного воспитания включает в себя психологические упражнения, направленные на развитие навыков производственного поведения, развитие интуиции, наблюдательности. Помогает развитию социальной адаптации, повышению самооценки и уровню коммуникативного самоконтроля.

- Метод творческого самовыражения – направлен на развитие субъективной значимости, умения найти резервы в собственной

индивидуальности, необходимые личности для прогнозирования и проектирования будущего.

- Метод психорегуляции – позволяет учащимся приобрести опыт сознательного воздействия на собственные установки, мотивы поведения, организацию жизненного пространства, ориентацию «на будущее» и включает в себе различные приемы и технологии управления собственным состоянием.

- Метод интроспективного анализа – помогает обучающимся осознавать свои проявления в жизни не как производные от внешних обстоятельств, а как состояние собственного «Я». Исследованию подвергается: собственная деятельность, поведение, характер взаимоотношений, качества личности.

5. Диагностические методы – направлены на получение информации об учащихся, анализ и оценку результатов работы.

- Личный контакт позволяет не только понять мотивы поведения, но и оказать непосредственное влияние убеждением и внушением. Беседа должна проходить в различных формах и интонациях, зависящих от конкретных обстоятельств.

- Опрос, интервью – предполагают четкую постановку вопросов по одной или нескольким проблемам. При опросе представляется минимум свободы выбора вариантов ответов. Интервью, предполагает свободное высказывание множества мнений и суждений в оценке явлений, событий и фактов, их самостоятельную интерпретацию.

- Анкетирование, тестирование. По направленности тесты делятся на: тесты результатов, когда на основе результатов выполнения заданий судят об уровне овладения определенным материалом ; тесты способностей, которые позволяют судить не только о результатах в освоении определенных знаний, умений, навыков, но и об общих предпосылках освоения определенного уровня развития.

На основе проведенного анализа методов социально-педагогического сопровождения дезадаптированных подростков в процессе их профессионального становления, можно сделать вывод, что для эффективной работы необходимо комплексное их применение в зависимости от целей и задач каждого этапа профессионального обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Педагогика: учеб./ Л.П. Крившенко; под ред. Л.П. Крившенко. – М.: ТК Велби, изд-во Проспект, 2005.- 432 с.
2. Психолого-педагогическое сопровождение профессиональной адаптации учащихся и студентов: монография / Г.В. Безюлева. – М.: НОУ ВПО Московский психолого-социальный институт, 2008.- 320 с.

**ЭТАПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ БИОГРАФИИ О.И.КИРСАНОВА,
УЧЕНОГО И ПЕДАГОГА*****Кирсанова Е.С.***

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65, Е – mail: zavkir@mail.ru

*В статье реконструируются этапы интеллектуальной биографии
О.И.Кирсанова. Аргументируется мысль о тесной связи его научной и
педагогической деятельности.*

«История индивидуальности неуловимо
и неизбежно переходит в историю вообще».
Л.П.Карсавин Философия истории

«...все их радости и надежды, весь смысл и
содержание их жизни исчерпываются
тремя словами: «любовь, знание и труд»
Д.И.Писарев. Реалисты.1864г.

Отечественная интеллектуальная традиция 70-80 г.г. XX в. на сегодняшний день изучена недостаточно и нередко представляется как нечто полностью инертное и заидеологизированное. Более точной и справедливой видится её оценка как самостоятельного пласта духовной жизни русского общества, рухнувшего вместе с крахом советской системы, но не потерявшего своей актуальности для сегодняшнего дня. Одним из путей восстановления связей с этой эпохой могло бы стать изучение интеллектуальных биографий тех, кто жил, мыслил и работал в это время.

Целью данной работы является попытка реконструировать интеллектуальное развитие одного из труженников и представителей этой ушедшей культуры – Олега Ивановича Кирсанова (25июля1952- 19 октября 2011гг.), чья научная и преподавательская деятельность была связана с двумя вузами: Томским университетом (ТГУ) и Северским технологическим институтом (СТИ НИЯУ МИФИ). Интеллектуальную биографию О.И. Кирсанова, которая зачастую выстраивалась не «благодаря», а «вопреки» обстоятельствам, в результате целого ряда выборов, лучше всего представить, выделив в ней основные этапы становления его как ученого и педагога, и выявив тесную связь его научных интересов с преподавательской и просветительской деятельностью.

В качестве первого этапа можно выделить студенческие годы (1969-1974г.г.). На первый курс историко-филологического факультета Томского государственного университета юноша Кирсанов пришел с уже

сложившимся стойким интересом к истории общественно-политической мысли России XIX века и серьезным знанием проблем ее развития.

Еще в школьные годы он познакомился с работами известного публициста и литературного критика XIX века Д.И.Писарева, ставшего его кумиром на многие годы. Именно влияние его творчества на формирование мировоззрения молодого человека подтолкнуло последнего к поступлению на историко-филологический факультет Томского университета. Для его родителей это было неожиданно, так как он закончил школу с физико-математическим уклоном. Было выбрано естественнонаучное направление и колебания были только в вопросе о том, куда подавать документы: на физико-математический. или на химический факультет ТГУ. На семейном совете больше всего доводов было высказано в пользу химии, и будущий студент был согласен с этим мнением. Об истории речь даже не заходила. К тому же в духовной атмосфере 60-х г.г. XX века витало убеждение, что именно «физики» были «в почете» и это резонировало с той пропагандой «превосходства естественных наук над всеми остальными накоплениями знаний...», с которой выступал в 60-е годы XIX века Д.И.Писарев.

Он усвоил не идею о превосходстве естественных наук над гуманитарными, а сам дух критичности, которым были заряжены работы Писарева. Решение было изменено буквально в день отъезда в Томск. И этому была своя причина: меняющаяся социально-политическая ситуация в стране (*«пражская весна» и ввод советских танков в Прагу в августе 1969г., ощущение начала конца эпохи «оттепели»*) Поступив в университет, набрав 14 из 15 возможных баллов Олег Иванович Кирсанов все годы обучения специализировался на кафедре истории СССР досоветского периода.

Научные интересы коллектива кафедры, возглавляемого в те годы профессором З.Я. Бояршиновой, были связаны с изучением истории Сибири, по преимуществу, проблем социально-экономического развития. И студентам, прикрепленным к кафедре, естественно, предлагалась та же проблематика. Но это совершенно не совпадало с кругом научных интересов первокурсника Кирсанова, а надо было определяться с руководителем и темами студенческих работ. Возникла проблемная ситуация. Но интерес к научному творчеству был так велик, а эрудиция и самостоятельность в суждениях, высказываемых им на семинарских занятиях и заседаниях студенческого кружка, энергия и азарт, которые он демонстрировал в изложении своих любимых сюжетов (нигилисты, анархисты, «мыслящий пролетариат» Писарева, журнальная полемика 60-х г.г XIXв.) были так заметны, что заражали даже преподавателей. Так, доцент Рабинович Г.Х. после одного из заседаний студенческого кружка высказался полусуто-полусерьезно: «Эх, Кирсанов, будь я помоложе, оставил бы я свои мануфактуры и занялся бы Писаревым».

Доцент Л.Г.Сухотина, единственная на кафедре занимавшаяся исследованием проблем общественно-политической мысли России XIXв., заметила стеснительного (но не в речах!), интеллигентного юношу и взяла его под свою опеку, оставаясь его научным руководителем все студенческие годы. По договоренности с главой кафедры Кирсанов мог заниматься выбранной им темой и писать по ней курсовые, но при этом он должен был работать во всех спецсеминарах, которые предлагались кафедрой согласно учебному плану.

И он работал, впитывая необходимые ему знания из областей, на первый взгляд, далеких от его научных предпочтений. Так, позже, уже во время работы над диссертацией, он вспоминал о работе в семинаре доцента кафедры А.Г. Жеравиной «Приписные крестьяне Алтая»: «Именно тогда я понял и почувствовал, что такое «исторический источник», «первоисточник», каковы их возможности, какие проблемы скрываются здесь, получил навыки исследовательской работы с ними».

Признанием исследовательского характера его работы была командировка в составе студенческой группы в Новосибирский университет на студенческую региональную конференцию в 1973, где по направлению гуманитарных наук докладу Кирсанова, посвященного творчеству Д.И.Писарева, рассматриваемому автором в контексте журнальной полемики 60-70-х годов XIX в., было присуждено второе место.. Ректор НГУ. профессор Беляев, вручая диплом лауреата, пожелал ему такой же творческой смелости и в дальнейшем.

Защитив дипломную работу «Социально-политические взгляды Д.И.Писарева», которая блестяще продемонстрировала и эрудицию и самостоятельность мышления и получив «красный диплом» об окончании университета, Олег Иванович по распределению приходит на кафедру философии ТГУ[1]. Работая ассистентом, а затем обучаясь в аспирантуре, он приобретает, как бы мы сказали сегодня, второе высшее (помимо исторического) уже философское образование. Этот период можно выделить в качестве второго этапа его интеллектуальной биографии.

При выборе темы будущей диссертации у молодого ученого были определенные колебания между проблематикой исторического материализма и проблемами теории познания. Темы исторического материализма (а это проблемы социально-политической организации общества, государства, социальной революции), которые он успешно разрабатывал под руководством доцента кафедры философии Л.В.Алякринского, отмечавшего в своей рецензии на методическое пособие молодого преподавателя «оригинальные идеи и свежий взгляд» на решение этих сугубо политических сюжетов, больше соответствовали его историческому образованию. Выбор одной из них в качестве предмета научного исследования позволил бы, опираясь на уже имеющийся интеллектуальный багаж, сделать качественную работу не меняя

радикально свою научно-исследовательскую ориентацию. Именно этот путь научной работы советовали ему избрать и его наставник, и заведующий кафедрой, доктор философских наук, профессор А.К. Сухотин.

Но их подопечный стремится к новому знанию и делает выбор в пользу логико-методологических проблем социально-исторического познания, в рамках которых он переходит на уровень философско-теоретического осмысления по-прежнему интересующих его вопросов истории общественной мысли.

В июне 1980г., до истечения срока аспирантуры, Олег Иванович защищает кандидатскую диссертацию на тему "Исторический источник в науках о прошлом общественном сознании" под руководством доктора философских наук А.К.Сухотина. Работа получила высокую оценку специалистов. Она была рекомендована ученым советом к публикации в виде монографии и включена в издательский план кафедры философии. Коллега Олега Ивановича Кирсанова по кафедре, доцент В.Б.Родос, выпускник философского факультета МГУ, высказался о работе молодого ученого следующим образом: «не имея базового образования...он не страдал комплексом провинциальной неполноценности...Он самостоятельно формулировал свою проблему, осознанно называл средства и методы решения и последовательно разрубал проблемные узлы. Одна глава его работы была прямо о семиотике. И там никаких поклонов и реверансов. Спокойно, как профессионал, он брал то, что нужно и умело этим пользовался. Он не казался, но реально был уверенным в себе человеком и более того: у него была способность к самостоятельному мышлению. А это редко»[2].

После защиты кандидатской диссертации научные интересы Олега Ивановича все больше смещаются из области логики познания в сферу формальной логики, что после многих лет интенсивной самостоятельной работы приводит к созданию и изданию собственного учебника по традиционной логике. О целях, которыми он руководствовался, создавая учебник, он пишет так: «Только изучение логики дает инструмент для анализа мыслей. Используя этот инструмент, человек приобретает способность критически посмотреть на свои мысли и на мысли других людей, способность, без которой мы не можем стать интеллектуально самостоятельными людьми». [3]

За годы работы на кафедре философии ТГУ, Олег Иванович Кирсанов формируется как преподаватель, ищущий новые способы и методы донесения учебного материала до студентов, перенося в преподавательскую работу то, что он считает главным для ученого – творчество в поиске истины. Так, в своих архивных заметках, которые он назвал «Думы о методике» (1976 г.), он формулирует цели работы на семинарских и лекционных занятиях. Главная цель, по его мнению, - это

развитие творческого мышления у студента. «...Научить студента творческому мышлению в историческом материализме, -пишет он,- значит, на мой взгляд, научить его уточнять, изменять, углублять знания об исходных посылах и категориях путем работы с помощью их при решении частных проблем. Семинарские занятия и должны иметь главную задачу в том, чтобы учить студентов пользоваться системой посылок и категорий как методом, инструментом при решении проблем социального анализа. В то время как целью лекций является лишь как можно более логично-корректное, систематичное и понятное изложение «вероучения»[4]. В результате студент...учится смотреть на социальные процессы не как на онтологизированные однозначные формулы, а как на живой, сложный, полиструктурный процесс, позволяющий поливариантное описание». Позже он формулирует эту мысль несколько иначе в работе, посвященной подготовке специалистов в вузах минатома. «Лишь сформировав внутреннюю духовную свободу человека, характерную для отечественной культурной традиции, мы сможем безболезненно и с пользой для себя значительно расширить границы свободы внешней»[5].

Таким образом, его преподавательское кредо, сформировавшееся еще в начале его преподавательской деятельности и сохранявшееся на протяжении всей преподавательской практики, – научение слушателей критичности, креативности, самостоятельности мышления, т.е. привитие студентам тех качеств, которые нельзя привить, не обладая ими самому. И это именно те качества, которые делают человека внутренне свободным и позволяют ему принимать самостоятельные решения и делать индивидуальный выбор в условиях любого политического режима и социально-экономической ситуации. В качестве примера нужно привести еще один выбор, сделанный Олегом Ивановичем, в результате которого он оказался в роли заведующего кафедрой в закрытом городе. В 1983г. ему настойчиво предлагают перейти на работу в районный комитет партии в г. Томске, что считалось престижным и в перспективе сулило успешную карьеру. В это же время его приглашают на заведование кафедрой в техническом вузе закрытого города. Работе во власти он предпочитает преподавательскую деятельность, которую знал и любил, и которая представляла ему больше возможности сохранять свободу творчества.

Работая в институте, при большой занятости в общественной деятельности, административной и преподавательской нагрузке на кафедре, Олег Иванович Кирсанов продолжает научное сотрудничество тесные связи с ТГУ, читает курсы лекций по логике студентам философского и юридического факультетов, участвует в университетских научно-исследовательских программах. В 2003 г. его учебная и научная работа в ТГУ была отмечена Дипломом лауреата конкурса Томской области «За высокие достижения в сфере образования и науки,

способствующие укреплению престижа Томского научно-образовательного комплекса в стране и во всем мире».

В заключение следует отметить, что Олег Иванович Кирсанов всегда считал необходимым отвечать запросам времени, в котором мы живем. Ситуация «вызов – ответ» была для него не теоретической, но онтологической. Так, сосредоточив свои интересы в сфере подготовки специалистов в вузах Минатома в современных условиях, он вышел на интересную проблему, которую он описывает как «нестандартную проблемную ситуацию («закрытый город», «закрытое производство» – «открытое образование»). Об актуальности темы проекта и о востребованности полученных результатов убедительно говорит награждение автора в 2003 г. грамотой от двух министерств, подписанной Министром образования РФ и Министром РФ по атомной энергетике. Суть проблемы – в ситуации, возникшей в результате пересечения современных требований гуманизации высшего образования в России, расширения открытости образовательного пространства и особенностей функционирования предприятия Минатома и вузов его системы». В этих условиях, говорит он, перед преподавателем гуманитарных наук стоит важная задача: помочь растущему человеку через гуманитаризацию образования стать носителем своей национальной культуры [6]. Нельзя не согласиться с мнением коллеги О.И. Кирсанова профессора А.С. Буйновского, что «он (О.И.) был глубоко прав, прививая студентам идеи гуманизма, нравственности и значимости себя как личности в наш непростой век»[7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Подробнее о характеристике научного направления кафедры философии ТГУ см. Завьялова М.П. Философский факультет Томского государственного университета (Исторический очерк) // Вестник Томского Государственного Университета. 2009. Философия. Социология. Политология. №2(6) с.5-34.
2. В.Б.Родос Пробелы в судьбе.- Томск: Дельтаплан; изд-во ИОА СО РАН, 2010.-482с
3. О.И.Кирсанов. Традиционная логика. Учебное пособие.-Северск:СГТИ, 2004-207с.
4. В данном случае речь идет о преподавании исторического материализма.
5. О.И.Кирсанов Методологические проблемы подготовки специалистов в вузах Минатома в условиях развития системы открытого образования.- Северск: Изд-во СГТИ, 2004. – 96 с.
6. см. там же
7. <http://www.oleg-kirsanov.ru>

РЕФОМИРОВАНИЕ ПЕНСИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

Мамаева Т.Е., Михеенко С.Н.

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

*В статье рассмотрены проблемы и пути дальнейшего
реформирования современной пенсионной системы России*

Модернизированная «советская» пенсионная система не отвечает реалиям современной экономики и социальной структуры общества. Основными структурными проблемами пенсионной системы являются:

1. Система не симметрична по отношению к различным социальным группам и не приспособлена к удовлетворению потребностей в пенсионном страховании растущего российского среднего класса.

Низкооплачиваемым работникам адресована солидарная система, которая поддерживает уровень пенсий на прожиточном минимуме пенсионера или несколько выше. Высокодоходные социальные группы практически не участвуют в пенсионной системе и формируют свои пенсионные стратегии за ее пределами. Среднедоходные социальные группы оказываются в промежуточном положении: их социальные притязания выше, чем размер пенсий, формируемых в солидарной системе, но потенциал для формирования самостоятельных накоплений за пределами пенсионной системы недостаточен. При этом основной тенденцией является увеличение доли именно этих групп как в экономике в целом, так и среди пенсионеров.

2. Пенсионная система не создает эффективных стимулов к формализации рабочих мест. В неформальном экономическом секторе России сегодня занято более 12 млн. человек, которые не уплачивают или уплачивают взносы в пенсионную систему лишь частично и тем самым не участвуют в формировании солидарного пенсионного фонда. Однако пенсионное законодательство предоставляет им значительные пенсионные гарантии. Минимальный стаж работы в формальном секторе для получения трудовой пенсии составляет всего 5 лет. Действующая пенсионная шкала остается достаточно плоской, и такие работники немного теряют в размере трудовой пенсии от низкого стажа; фактически пенсионные средства перераспределяются в их пользу.

3. Пенсионная система способствует сохранению высокой доли рабочих мест с вредными и тяжелыми условиями производства, предоставляющими право досрочного выхода на пенсию.

4. Россия, как и большинство развитых стран, – часть фундаментального демографического процесса – старения населения, которое затрудняет дальнейшее существование пенсионных систем,

основанных на принципе «солидарности поколений». Негативный демографический тренд – это стратегический долгосрочный вызов. Его результатом уже в ближайшие десять лет станет значительное увеличение расходов на выплату пенсий в результате ухудшения соотношения числа пенсионеров к числу работающих – плательщиков пенсионных взносов. В дальнейшем ситуация будет только ухудшаться.

Солидарная ответственность поколений эффективно решает проблему пенсионного обеспечения при благоприятных демографических условиях, стабильном росте уровня оплаты труда и отсутствии значительных и долговременных изменений в доле занятого населения.

Если же население стареет, а экономический рост во многом зависит от экономической конъюнктуры, возникает проблема нехватки финансовых ресурсов для выплаты пенсий будущим поколениям. Переход к накопительной пенсионной системе полностью не решает проблемы, так как требует не только дополнительных ресурсов для финансирования «двойного платежа» работающих граждан во время переходного периода, но и высокого уровня макроэкономической стабильности и формирования эффективных инструментов инвестирования пенсионных накоплений.

Современный этап реформирования призван решить задачи, связанные с глобальным демографическим вызовом пенсионной системе, изменением социального состава работающих и пенсионеров, снижением негативного влияния, оказываемого растущими проблемами пенсионной системы на текущее развитие.

Для решения каждой из задач предлагается свой комплекс мер, при этом эффективная реализация как минимум части предложений невозможна без изменений, связанных со снижением инфляции и развитием финансового рынка:

1. Формирование комплексной системы пенсионного обеспечения для групп с разными доходами, не исключаящей из пенсионной системы средний класс:

- социальная пенсия для неработающих (имеющих низкий стаж работы в формальном секторе) и низкодоходных сотрудников неформального сектора;

- базовая пенсия для низкодоходных работников формального сектора;

- комбинированная пенсия для среднедоходных категорий: сумма базовой, солидарной, обязательной накопительной; с ростом доходов – добровольная накопительная (с участием софинансирования со стороны государства или без него);

- комбинированно-альтернативная пенсия для высокодоходных категорий: сумма базовой, солидарной, обязательной накопительной; с ростом доходов – добровольная накопительная (с участием или без

участия софинансирования со стороны государства), а также различные альтернативные формы накоплений и сбережений.

Важный элемент реформы – совершенствование деятельности накопительных институтов. Если прогресс в этом направлении не будет достигнут, и доверие к этим институтам со стороны и клиентов, и государства не будет расти, перечисленные выше меры не дадут ожидаемого эффекта. Необходимо как совершенствование деятельности НПФ, так и конкуренция со стороны других финансовых институтов. Конкретные шаги по данному направлению включают:

- отказ от требования ежегодной безубыточности пенсионных фондов;
- введение требования по минимальному уровню доходности инвестирования пенсионных накоплений к моменту выхода участника накоплений на пенсию или передачи прав наследнику, заменив для них требование ежегодной доходности однократным доказательством состоятельности вложений. Такое требование диктует снижение рискованности инвестиций по мере приближения выхода на пенсию;
- обязательное ежегодное раскрытие информации об актуарном балансе НПФ и корпоративного пенсионного плана на сайте НПФ и администратора корпоративного пенсионного плана в интернете;
- создание системы страхования пенсионных накоплений по типу страхования вкладов;
- обеспечение клиенту возможности получения понятной информации о своем пенсионном счете и стратегиях НПФ и ВЭБ. Для этого Пенсионный фонд совместно с НПФ должен администрировать индивидуальные пенсионные счета в интернете, чтобы обеспечить клиентам постоянный доступ к информации о ситуации на его счете.

2. Создание стимулов для формализации рабочих мест:

- повышение требований к минимальному стажу, после которого работник может претендовать на получение трудовой пенсии: предлагается постепенное повышение минимального стажа с 5 до 15-20 лет;
- введение минимального фиксированного платежа для самозанятых в размере 30% минимального размера заработной платы;
- перенос части взносов в пенсионную систему на работника с целью стимулирования его активного участия в пенсионной системе и усиления контроля над формированием пенсионного капитала;
- настройка размеров страховых платежей.

3. Снижение налоговой нагрузки на бизнес:

- изменение тарифов взносов в пенсионную систему (с 26% до 22/20%);
- снижение персонифицированного взноса на страховую и накопительную части пенсии с 16% до 14%.

4. Реформирование досрочных пенсий.

Эта проблема характеризуется особой сложностью в силу того, что в категорию досрочных пенсий попадают и работники с действительно вредными условиями труда, влияющими на здоровье и продолжительность жизни (угольная, металлургическая, химическая и пр. промышленность), и работники недофинансированных, но социально важных секторов, занятость в которых стимулировалась пенсионными льготами. К последним относится значительная часть работников бюджетной сферы: учителя, врачи, неконкурентный сектор науки и инженеров-исследователей и т.д. Пенсионные льготы рассматриваются ими как компенсация за низкую заработную плату на протяжении трудовой жизни.

Но около трети работников внебюджетных секторов, имеющих право на досрочное назначение пенсии по старости, трудятся в нормальных условиях труда. Кроме роста пенсионных расходов, это приводит к значительным искажениям на рынке труда. Пенсии начинают выплачиваться раньше, но поскольку их реальный размер низок, работники долго не покидают рабочих мест, создавая проблемы для карьерного роста следующих поколений.

Традиционно предложения в этой сфере сводятся к тому, чтобы полностью переложить издержки, связанные с выплатой досрочных пенсий, на работодателя за счет создания профессиональных пенсий и профессиональных пенсий по инвалидности. Однако это ведет к чрезмерному росту ставок пенсионных платежей. Поэтому до 2020 г. предлагается дифференцированный подход и постепенный рост тарифа, стимулирующий вывод рабочих мест из списка профессий, имеющих право на досрочную пенсию.

5. Постепенное повышение пенсионного возраста как мера по стабилизации финансового состояния пенсионной системы в связи со старением населения.

Аргументы в пользу такого решения хорошо известны. Уже в настоящее время на 1000 работников приходится почти 600 пенсионеров. Высока и растет доля работающих пенсионеров. Традиционно это предложение вызывает следующие возражения: низкая продолжительность жизни, особенно у мужчин, плохое состояние здоровья населения, неприятие населением увеличения пенсионного возраста, трудность поиска работы для лиц пенсионных и предпенсионных возрастов.

Предлагаемая формула решения проблемы – повышение пенсионного возраста до 63 лет для обоих полов к 2030 г. (для женщин – на 6 месяцев за год, для мужчин – на 3 месяца в год) и соответствующее повышение нормативного стажа работы. 63 года в настоящее время – стандарт для развитых стран. При этом в первые три года реформ работники имеют возможность остаться в существующей системе, т.е. выйти на пенсию раньше, но иметь пенсию меньшего размера. Возможны и более мягкие варианты, подразумевающие на первом этапе реформы ежегодное

увеличение срока выхода на пенсию на 1 месяц. В этом случае завершение перехода на пенсионный возраст 63 года отодвигается на 2035 г. В дальнейшем будет рассмотрена возможность привязки пенсионного возраста к продолжительности жизни после выхода на пенсию.

Стимулирование более позднего обращения за назначением пенсии, часто рассматриваемое в качестве приоритетного пути решения проблемы, не может считаться основной мерой, хотя заслуживает внимания как дополнительная мера.

В целом обоснованным представляется подход, заложенный в новой пенсионной формуле, предлагаемой Минздравсоцразвития России и предполагающий стимулы к более позднему пенсионированию в зависимости от стажа. Если человек решает уйти на пенсию раньше, не выработав норматив целиком, пенсию он получит, но в меньшем размере, пропорционально выработанному стажу. «Переработка» даст возможность увеличить пенсию. Человек сможет гибко программировать свою трудовую жизнь.

6. Оптимизация планирования бюджета пенсионной системы в зависимости от демографических волн.

Демографические волны могут приводить к циклическим колебаниям сальдо бюджета ПФР и всей пенсионной системы в зависимости от того, какие по численности когорты в данный момент входят в состав рабочей силы и какие выходят на пенсию. Это фактор, который хорошо поддается прогнозированию, он должен быть учтен при планировании бюджета пенсионной системы. Для погашения негативного влияния демографических волн можно рекомендовать формирование специального резервного фонда. В идеале накопление резервного фонда должно происходить на «хорошей» волне, а расходование – на «плохой».

В настоящее время проблема заключается в том, что такая возможность уже упущена: в благоприятные 2000-е годы резервный фонд не был накоплен.

В связи с этим возможны следующие решения: финансирование пенсий за счет выпуска дополнительного государственного долга; дополнительные платежи из бюджета, которые должны быть компенсированы (точнее снижены) на положительной демографической волне 2020-х гг.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Российская газета RG.RU. Все о пенсиях. Копить или делить? По какому пути развивать российскую пенсионную систему? 01.11.2011г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rg.ru/2011/11/01/pens-poln.html>
2. Актуальные проблемы социально-экономической стратегии России на период до 2020 года «Стратегия-2020: Новая модель роста – новая социальная политика».

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Михеенко С.Н., Борисова Т.А.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65, e-mail: t-ania@bk.ru

В статье рассмотрены перспективные пути создания единой многоуровневой системы подготовки кадров в атомной промышленности, которая наполнит отрасль молодыми квалифицированными кадрами.

В настоящее время в мире эксплуатируется 435 энергоблоков АЭС, 25 реакторов находятся на стадии строительства. Однако к 2015 году их число может увеличиться до 544, а к 2030 году во всем мире будет эксплуатироваться как минимум 932 энергоблока АЭС. Анализ тенденций в области ядерной энергетики в ведущих странах мира позволяет сделать вывод, что наступает эпоха ядерного ренессанса. Прогнозируемые многими мировыми организациями и аналитиками рост населения планеты и укрепление устойчивого экономического развития потребуют уже к 2020 году увеличения в два раза мирового энергообеспечения по сравнению с сегодняшним уровнем, а к 2050 году эти потребности возрастут в три раза. Очевидно, что потребуется огромное число новых высококвалифицированных специалистов для выполнения этого сценария.

На сегодняшний день в структуре российской атомной отрасли существует 4 сегмента: научно-технологический комплекс, оружейный комплекс, ядерная и радиационная безопасность и энергетический комплекс. Атомная промышленность России представляет собой мощный комплекс из 500 предприятий и организаций, в которых занято свыше 190 тысяч человек, что требует от системы подготовки кадров для ядерной отрасли максимальной ориентации на использование современных и перспективных информационных технологий, позволяющих обеспечить высокое качество труда сотрудников.

Тенденции в сфере подготовки кадров для атомной промышленности зависят от общей ситуации в экономике, особенностей систем образования, состояния науки и техники. Сложившаяся к настоящему времени отечественная система образования и закрепления кадров в атомной отрасли явно недостаточна для ее развития. Структура персонала ядерного комплекса России по образованию включает: высшее 49%, среднее профессиональное 24%, начальное профессиональное 12%, среднее 14% и основное общее 1%.

Негативными тенденциями в атомной отрасли, которые ведут к потере квалификации в работе, являются старение кадров, уменьшение притока молодежи и замедление передачи накопленного научно-производственного, технологического опыта. Необходима реализация условий, которые способны будут изменить ситуацию на рынке трудовых

ресурсов и обеспечить наполнение отрасли молодыми квалифицированными кадрами.

Подготовка кадров для ядерного комплекса России предполагает создание научно-образовательного центра мирового уровня, решающего кадровые и исследовательские задачи инновационного развития высокотехнологичных отраслей экономики. Для повышения престижа образования и карьеры необходимо вовлечение молодых ученых, аспирантов и студентов в инновационную деятельность; создание системы работы с объектами интеллектуальной собственности; развитие государственно-частного партнерства; коммерциализация результатов НИОКР; кооперация вузов и организаций по созданию высокотехнологичного производства; создание молодежных инновационных центров и малых предприятий.

Система подготовки кадров для атомной отрасли должна быть максимально ориентирована на использование современных и перспективных информационных технологий, обеспечивающих высокое качество труда специалистов в процессе проектирования и эксплуатации атомных электростанций и исследовательских реакторов.

Подготовка инженерных кадров для атомной отрасли предусматривает следующее: фундаментальную математическую и естественнонаучную подготовку; углубленную профессиональную подготовку; многопрофильную инженерно-техническую практику; проведение НИР в научно-образовательных и научно-исследовательских центрах и практико-ориентированных организациях; интеграцию образовательного процесса с научной и инновационной деятельностью; формирование способности применять современные информационные технологии в моделировании и проектировании; развитие инновационно-стратегического мышления; формирование комплексных навыков и умений, обеспечивающих сопровождение изделий по всему жизненному циклу; экономический тип мышления.

С целью создания условий для эффективного воспроизводства научных и научно-педагогических кадров, закрепления молодежи в науке, образовании и отраслях высоких технологий, сохранения преемственности поколений в таких сферах, как атомная энергетика, российское правительство увеличило финансирование федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы более чем на 10 миллиардов рублей.

Ранее объем финансирования программы составлял 90,45 миллиардов рублей, в том числе из федерального бюджета предполагалось выделить более 80,3 миллиардов рублей. Теперь же финансирование увеличивается до 101 миллиарда рублей, причем из средств федерального бюджета выделяется 85 миллиардов рублей, еще 16 миллиардов рублей – из внебюджетных источников. Так на научно-исследовательские и опытно-

конструкторские работы в рамках программы теперь будет потрачено более 33 миллиардов рублей, из них на гранты для физических лиц – 226 миллионов рублей, гранты в форме субсидий для юридических лиц – 6,79 миллиардов рублей (за исключением федеральных казенных учреждений, а также учреждений, созданных субъектами РФ и муниципальными образованиями).

В рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы предусмотрены рабочие места для молодежи в оборонно-промышленном комплексе России, энергетической, авиационно-космической, атомной и иных приоритетных для РФ высокотехнологичных отраслях.

Программа предполагает адресное финансирование научных исследований и целевое финансирование инфраструктурных проектов. Предусмотрены стажировки молодых ученых, проведение всероссийских и международных научных конференций, школ, олимпиад, конкурсов, поддержка программ развития домов, центров и кружков детского и юношеского научно-технического творчества, поддержка вузов и оснащение их современным научно-технологическим оборудованием.

Перспективным направлением подготовки кадров в атомной отрасли является обеспечение адресной подготовки специалистов. Через систему практик и дипломирования студентов в одном и том же подразделении осуществляется индивидуальная целевая подготовка молодых сотрудников, позволяющая сократить срок их адаптации в должности, ускорить освоение ими технологических особенностей производства, сложного оборудования. Эту же цель преследуют: годовичная стажировка и аттестация молодых специалистов; возможность продолжения их дальнейшего образования в аспирантуре; организация и проведение ежегодных конкурсов научных работ молодых специалистов и конкурсов на лучшее внедрение молодыми работниками Росатома рационализаторских предложений, а также система социальных гарантий для молодежи в атомной отрасли, включающая безвозмездные ссуды, обеспечение иногородних общежитием, безвозмездные субсидии для строительства жилья и рассрочку платежа на срок до 20 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фундаментальные исследования [Электронный ресурс] URL: http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=1577
2. Про атом [Электронный ресурс] URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=898>
3. Подготовка кадров, повышение их квалификации и переподготовка [Электронный ресурс] URL: <http://enbv.narod.ru/text/Econom/maslov/str/11.html>
4. Росатом [Электронный ресурс] URL: <http://www.rosatom.ru/wps/wcm/connect/rosatom/rosatomsite/journalist/news/8095b5004720d889b8e0f833509bc213>.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Михеенко С.Н., Полещук Ю.П.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: lup@inbox.ru

В настоящее время атомная энергетика — один из важнейших секторов экономики России, обеспечивающий ресурс развития машиностроению, металлургии, материаловедению, геологии, строительной индустрии и т.д. В статье рассмотрены меры поддержки атомной отрасли со стороны государства, включая финансирование федеральных целевых программ и госзаказ.

Российская атомная отрасль — одна из передовых в мире по уровню научно-технических разработок в области проектирования реакторов, ядерного топлива, опыту эксплуатации атомных станций, квалификации персонала АЭС. Россия обладает наиболее совершенными в мире обогатительными технологиями, а проекты атомных электростанций с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) доказали свою надежность в процессе тысячи реакторо-лет безаварийной работы.

Атомная отрасль России — это мощный комплекс из более чем 500 предприятий и организаций, в которых занято свыше 190 тыс. человек. В структуре отрасли четыре крупных научно-производственных комплекса: предприятия ядерно-топливного цикла, атомной энергетики, ядерно-оружейного комплекса и научно-исследовательские институты. После включения в состав Госкорпорации «Росатом» [ФГУП «Атомфлот»](#) сюда же можно включить самый мощный в мире ледокольный флот.

Динамичное развитие отрасли является одним из основных условий обеспечения энергонезависимости государства и стабильного роста экономики страны. На сегодняшний день в России эксплуатируется 10 атомных электростанций, вырабатывающие около 16% всего производимого в стране электричества.

В современных условиях атомная отрасль больше, чем когда-либо, востребована, как внутри России, так и на внешнем рынке. Это локомотив, способный вытащить всю экономику страны, поэтому государство целевым образом вкладывает средства в развитие атомной отрасли.

Одним из важных факторов дальнейшего развития отрасли является сохранение политической поддержки со стороны властей, так как без нее занять достойное место на международной арене невозможно.

Успешно реализуемые федеральные программы обеспечили атомной отрасли, так называемый, якорный заказ от государства — в целом это более 3 трлн. рублей на проекты развития. Утверждена государственная программа развития ядерно-оружейного комплекса, средства которой направляются на строительство атомных станций, разработку

перспективных технологий, модернизацию основных производств, повышение уровня государственной безопасности. Финансирование атомного энергопромышленного комплекса России в 2011 году составило 1764 млрд. рублей, включая: 145 млрд. рублей на обеспечение ядерной и радиационной безопасности; 10 млрд. рублей – на развитие электронной компонентной базы; 668 млрд. рублей на инфраструктуру наноиндустрии страны; 55 млрд. рублей на международную деятельность до 2015 года; 28,7 млрд. рублей на НИОКР для решения межотраслевых задач и т.д.

Правительство РФ выделяет Росатому 93,9 млн. рублей из бюджета на работы в области суперкомпьютеров и технологии распределенных вычислений. До 2012 года госкорпорация намерена вложить в развитие этой сферы почти 6,9 млрд. рублей собственных средств.

Правительство утвердило ФЦП по преодолению последствий радиационных аварий объёмом более 9,282 млрд. рублей. В рамках программы планируется увеличить до 20 % площадь лесов, возвращённых в хозяйственный оборот, и до 30 % – площадь возвращённых земель.

В бюджет РФ на 2012 год заложены средства на атомный ледокол нового поколения. До 2015 года в рамках программы развития транспортной системы Россия планирует построить четыре таких судна.

Реализация ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения», позволит многократно использовать делящиеся материалы и преодолеть ресурсные ограничения современной атомной энергетики. Правительство РФ перечислило Росатому средства в виде имущественного взноса в размере 68,5 млрд. рублей на развитие атомного энергопромышленного комплекса.

Министерство обороны РФ приступило к исполнению государственной программы вооружений. Приоритет новой программы – поддержание и развитие стратегических ядерных сил страны.

Утвержден список объектов использования атомной энергии, в отношении которых вводится режим постоянного государственного надзора. В перечень включены: объекты использования атомной энергии филиалов ОАО "Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях" в Москве; ядерные установки, хранилища радиоактивных отходов в Саратовской, Свердловской, Ростовской, Тверской, Мурманской, Курской, Воронежской, Ленинградской, Смоленской, Калининградской и др. областях; объекты использования атомной энергии филиалов федерального государственного унитарного предприятия "Предприятие по обращению с радиоактивными отходами "РосРАО" в Москве и других регионах страны.

Российская атомная энергетика – это опора государства, основа его оборонного имущества. Иметь ядерное оружие необходимо, это гарант национальной безопасности. Уникальный ядерный источник энергоресурсов во много раз эффективнее, чем органическое топливо. К

тому же атомная отрасль производит ядерные материалы, а проблема нераспространения является, безусловно, государственной, она требует государственного влияния, контроля и поддержки.

Впервые в атомной отрасли ставится задача сделать так, чтобы оплата труда российских специалистов не уступала западной. ТВЭЛ развивает программу «Новый облик». В компании обеспечен рост производительности труда в среднем на 30 %, заработная плата в 2011 году увеличилась на 28 % по сравнению с прошлым годом.

Судьба атомных городов зависит от развития градообразующих предприятий, а оно возможно только в том случае, если будет сохранена господдержка. При сохранении текущего политического курса и помощи со стороны государства атомной отрасли использование мощного научно-технического потенциала градообразующих предприятий ЗАТО – это гарантия выделения бюджетных средств на развитие городской среды, создание новых рабочих мест и повышения статуса ЗАТО внутри страны. Только при активной поддержке государства обеспечивается мощное и быстрое развитие атомных городов. Эта поддержка в последние годы весьма ощутима.

По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) развитие атомной энергетики поддерживают 27% россиян, почти столько же выступают за сокращение количества АЭС. Если в 2011 году за увеличение числа атомных станций выступали только 16% опрошенных, то сегодня этой позиции придерживаются 27%. Среди опрошенных респондентов развитие отрасли поддерживают молодые (32%) и высокообразованные россияне (31%), жители городов-миллионников, крупных и средних городов (30-33%). Оставить число станций на прежнем уровне предлагают 38% (в прошлом году - 45%), а 26% россиян считают, что число таких объектов надо сокращать.

В современных условиях атомная энергетика — один из важнейших секторов экономики России. Сегодня атомная отрасль по праву считается одной из ключевых, стратегически важных в российской экономике, и ее развитию уделяется приоритетное государственное внимание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная корпорация по атомной энергетике «Росатом» [электронный ресурс] URL: <http://www.rosatom.ru/>
2. Газета атомной отрасли «Страна Росатом» [электронный ресурс] URL: <http://www.strana-rosatom.ru/>
3. Пресс-центр атомной энергетики и промышленности [электронный ресурс] URL: <http://www.minatom.ru/view/snf/>
4. Российское атомное сообщество [электронный ресурс] URL: <http://www.atomic-energy.ru>

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ГЕНДЕРНОЙ АСИММЕТРИИ НА РЫНКЕ ТРУДА ЗАТО СЕВЕРСК

Логвина Н.А., Михеенко С.Н.

СТИ НИЯУ МИФИ

636036, г.Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65

ЗАТО Северск – населенный пункт с моноэкономической структурой, поэтому специфика экономики ограничивает спектр профессий, востребованных на рынке труда территории, и определяет их качественные и количественные характеристики. И хотя большинство обращающихся в службу занятости – женщины, почти все вакансии, предлагаемые безработным, ориентированы на мужскую часть населения. Исследование выполнено при поддержке международного фонда «Научный потенциал» (Human Capital Foundation).

Исследование гендерных аспектов экономики уже не вызывает сегодня удивления или ожесточенной критики со стороны экономистов, как это было несколько десятилетий назад. Благодаря ставшим классическими работам Г. Беккера и его единомышленников гендерная проблематика перестала быть маргинальной областью неоклассического анализа. Вместе с тем именно неоклассический подход к гендерным проблемам продолжает оставаться главным объектом критики со стороны феминистски ориентированных исследователей.

Рассматривая проблему дискриминации женщин на рынке труда, феминистки подчеркивают, что принципиальное значение для достижения большего равенства полов имеет изменение системы предпочтений и отказ от предубеждений в отношении тех или иных групп работников.

Как и в целом по стране, безработица в ЗАТО Северск коснулась, прежде всего, женщин. В условиях рыночной экономики мужчины имеют больше шансов трудоустройства, чем женщины. Более того, моноструктура экономики ЗАТО Северск значительно сужает спектр женских профессий, востребованных на рынке труда. Вакансии для женщин представлены «феминизированными» отраслями: образование, здравоохранение, социальное обеспечение и, как правило, с низкой заработной платой. Большинство заявленных в центр занятости населения вакансий ориентированы на мужчин, в то время когда большинство клиентов службы занятости составляют женщины, ведь доля женской безработицы по данным аналитических отчетов службы занятости ЗАТО Северск на 01.01.2011 года составляла 52,6%.

В ЗАТО Северск среди безработных женщин доминируют две возрастные группы. Это молодые девушки в возрасте до 30 лет (30%) и женщины в возрасте от 40 до 50 лет (35%). Более половины опрошенных безработных женщин имеют профессиональное образование. В большинстве случаев - это начальное либо среднее профобразование. В

данном случае важной характеристикой является семейное положение респондента. Так, большинства опрошенных безработных женщин имеют собственную семью: 70,6% - замужем.

Такая ситуация значительным образом влияет на уровень доходов этой гендерной группы: около 12% безработных женщин отметили, что ежемесячный душевой доход в их семье выше прожиточного минимума, еще 47% отметили, что он приблизительно равен этому параметру.

Период безработицы у женщин прямо пропорционален возрасту, а, следовательно, также имеет две доминанты: либо до 3-х месяцев (23,5%) либо больше года (47%). Соответственно: чем старше возраст, тем дольше период незанятости и наоборот. При этом, чем старше респондентки, тем чаще они прибегают к услугам службы занятости. Безработным женщинам свойственно критически воспринимать ситуацию в сфере занятости: около 1/2 из них считают, что найти работу в Северске очень трудно, а 1/3 считает, что сделать это в пределах города практически невозможно.

В этой связи также важно отметить основные параметры, которыми руководствуются женщины при поиске работы. Представим список данных параметров по степени уменьшения частоты упоминания:

- высокая заработная плата, психологический комфорт (в том числе и хорошее отношение начальства),
- своевременность выплаты заработной платы,
- интересная работа,
- наличие социальных гарантий.

Оценивая условия жизни в городе, безработные женщины в большинстве случаев (47%) отметили, что их всё вполне устраивает. При этом, отвечая на вопрос о проблемах, которые на их взгляд сегодня волнуют горожан, женщины представили относительно широкий диапазон ответов (в общей сумме количество озвученных проблем около двенадцати).

Для развития закрытых городов активно работают Центры занятости населения, они разрабатывают специальные программы для женщин, с тем чтобы сгладить проблемы гендерной асимметрии. Примером является Центр занятости населения ЗАТО город Северск. В связи с проблемой трудоустройства женщин, он разработал программные мероприятия:

1. Ярмарки вакансий для женщин.

2. Психологическая поддержка безработных женщин.

3. «Опережающее профессиональное обучение и стажировка женщин, работающих во вредных и тяжелых условиях труда, с целью их вывода с вредного производства» осуществляется на основании договоров, заключенных между центром занятости населения, работодателем, женщиной, работающей во вредных и тяжелых условиях труда, и образовательным учреждением. При проведении опережающего профессионального обучения и стажировки в связи с потребностью

женщин в переобучении с целью самостоятельного трудоустройства на другие предприятия, договор на обучение и стажировку заключается без участия работодателя. Обучение проводится на базе образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования, а также организаций по профессиям и специальностям, предполагающим сохранение занятости работников в этой или в другой организации, в том числе в инновационных сферах деятельности (не менее 20 человек).

В рамках договоров при направлении на опережающее профессиональное обучение (стажировку) в другую местность предусматривается компенсация затрат женщин на проезд к месту обучения (стажировки) и обратно, проживание в период обучения (стажировки) и суточные расходы за время следования к месту обучению (стажировки) и обратно.

4. «Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком до трех лет, планирующих возвращение к трудовой деятельности» осуществлялся на основании договоров, заключенных между центром занятости населения, работодателем, женщиной, находящейся в отпуске по уходу за ребенком до трех лет, и образовательным учреждением. Обучение проводится на базе образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования, а также организаций по профессиям и специальностям, предполагающим сохранение занятости работников в этой или в другой организации, в том числе в инновационных сферах деятельности (не менее 200 человек).

В рамках договоров при направлении на профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации в другую местность предусматривается компенсация затрат женщин на проезд к месту обучения и обратно, проживание в период обучения, а также суточные расходы за время следования к месту обучения и обратно.

В целях повышения качества, профессиональной мобильности рабочей силы, эффективности использования трудовых ресурсов в условиях посткризисного развития разработана и утверждена «Программа дополнительных мероприятий по снижению напряженности на рынке труда Томской области».

Программа состоит из подпрограмм, одной из которых является – организация профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации женщин, находящихся в отпуске по уходу за ребенком до трех лет, планирующих возвращение к трудовой деятельности.

Участниками мероприятия могут быть женщины:

- находящиеся в отпуске по уходу за ребенком в возрасте до 3 лет, состоящие в трудовых отношениях и планирующие возвращение к трудовой деятельности на свое рабочее место;

- находящиеся в отпуске по уходу за ребенком в возрасте до 3 лет, состоящие в трудовых отношениях и планирующие возвращение к трудовой деятельности на новое рабочее место;

- обратившиеся в службу занятости населения, и получившие государственную услугу по организации профессиональной ориентации граждан в целях выбора сферы деятельности (профессии), трудоустройства, профессионального обучения, в порядке, предусмотренном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 01.11.2007 № 680.

Профессиональное обучение женщин представляет собой прохождение ими обучения до выхода из отпуска по уходу за ребенком в возрасте до 3 лет и осуществляется в целях получения новой (смежной) профессии (специальности) либо в целях повышения квалификации, получения дополнительного образования.

Условия прохождения женщинами профессионального обучения по направлению службы занятости населения определяются 3-х сторонним договором между женщиной, образовательным учреждением и центром занятости населения ЗАТО город Северск, в соответствии с которым, женщина обязуется после прохождения обучения и окончания отпуска по уходу за ребенком в возрасте до 3 лет приступить к работе на прежнем рабочем месте.

В случаях, когда женщина проходит профессиональное обучение в целях смены рабочего места (в том числе в целях трудоустройства к другому работодателю), заключается 4-х сторонний договор между женщиной, образовательным учреждением, службой занятости населения и работодателем, который берет на себя обязательства в установленные договором сроки принять на работу женщину после обучения.

Расходы на профессиональное обучение женщин, связанные с оплатой образовательному учреждению стоимости учебного курса, а при направлении на обучение в другую местность также расходы на проезд к месту обучения и обратно, по найму жилого помещения и суточные за время следования к месту обучения и обратно подлежат оплате за счет субсидий.

Своевременное и полное выполнение предложенных мероприятий позволит сократить уровень безработицы среди женского населения и решить проблему гендерной асимметрии в ЗАТО город Северск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспресс-информация за декабрь 2010 ОГКУ «ЦЗН ЗАТО город Северск»
2. Мониторинг за декабрь 2010 года ОГКУ «ЦЗН ЗАТО город Северск»

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Полещук Ю.П., Михеенко С.Н.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65, e-mail: lup@inbox.ru

В настоящее время атомная энергетика — один из важнейших секторов экономики России, обеспечивающий ресурс развития машиностроению, металлургии, материаловедению, геологии, строительной индустрии и т.д. В статье рассмотрены меры поддержки атомной отрасли со стороны государства, включая финансирование федеральных целевых программ и госзаказ.

Российская атомная отрасль — одна из передовых в мире по уровню научно-технических разработок в области проектирования реакторов, ядерного топлива, опыту эксплуатации атомных станций, квалификации персонала АЭС. Россия обладает наиболее совершенными в мире обогатительными технологиями, а проекты атомных электростанций с водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР) доказали свою надежность в процессе тысячи реакторо-лет безаварийной работы.

Атомная отрасль России — это мощный комплекс из более чем 500 предприятий и организаций, в которых занято свыше 190 тыс. человек. В структуре отрасли четыре крупных научно-производственных комплекса: предприятия ядерно-топливного цикла, атомной энергетики, ядерно-оружейного комплекса и научно-исследовательские институты. После включения в состав Госкорпорации «Росатом» ФГУП «Атомфлот» сюда же можно включить самый мощный в мире ледокольный флот.

Динамичное развитие отрасли является одним из основных условий обеспечения энергонезависимости государства и стабильного роста экономики страны. На сегодняшний день в России эксплуатируется 10 атомных электростанций, вырабатывающие около 16% всего производимого в стране электричества.

В современных условиях атомная отрасль больше, чем когда-либо, востребована, как внутри России, так и на внешнем рынке. Это локомотив, способный вытащить всю экономику страны, поэтому государство целевым образом вкладывает средства в развитие атомной отрасли.

Одним из важных факторов дальнейшего развития отрасли является сохранение политической поддержки со стороны властей, так как без нее занять достойное место на международной арене невозможно.

Успешно реализуемые федеральные программы обеспечили атомной отрасли, так называемый, якорный заказ от государства — в целом это более 3 трлн. рублей на проекты развития. Утверждена государственная программа развития ядерно-оружейного комплекса, средства которой направляются на строительство атомных станций, разработку

перспективных технологий, модернизацию основных производств, повышение уровня государственной безопасности. Финансирование атомного энергопромышленного комплекса России в 2011 году составило 1764 млрд. рублей, включая: 145 млрд. рублей на обеспечение ядерной и радиационной безопасности; 10 млрд. рублей – на развитие электронной компонентной базы; 668 млрд. рублей на инфраструктуру наноиндустрии страны; 55 млрд. рублей на международную деятельность до 2015 года; 28,7 млрд. рублей на НИОКР для решения межотраслевых задач и т.д.

Правительство РФ выделяет Росатому 93,9 млн. рублей из бюджета на работы в области суперкомпьютеров и технологии распределенных вычислений. До 2012 года госкорпорация намерена вложить в развитие этой сферы почти 6,9 млрд. рублей собственных средств.

Правительство утвердило ФЦП по преодолению последствий радиационных аварий объёмом более 9,282 млрд. рублей. В рамках программы планируется увеличить до 20 % площадь лесов, возвращённых в хозяйственный оборот, и до 30 % – площадь возвращённых земель.

В бюджет РФ на 2012 год заложены средства на атомный ледокол нового поколения. До 2015 года в рамках программы развития транспортной системы Россия планирует построить четыре таких судна.

Реализация ФЦП «Ядерные энерготехнологии нового поколения», позволит многократно использовать делящиеся материалы и преодолеть ресурсные ограничения современной атомной энергетики. Правительство РФ перечислило Росатому средства в виде имущественного взноса в размере 68,5 млрд. рублей на развитие атомного энергопромышленного комплекса.

Министерство обороны РФ приступило к исполнению государственной программы вооружений. Приоритет новой программы – поддержание и развитие стратегических ядерных сил страны.

Утвержден список объектов использования атомной энергии, в отношении которых вводится режим постоянного государственного надзора. В перечень включены: объекты использования атомной энергии филиалов ОАО "Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях" в Москве; ядерные установки, хранилища радиоактивных отходов в Саратовской, Свердловской, Ростовской, Тверской, Мурманской, Курской, Воронежской, Ленинградской, Смоленской, Калининградской и др. областях; объекты использования атомной энергии филиалов федерального государственного унитарного предприятия "Предприятие по обращению с радиоактивными отходами "РосРАО" в Москве и других регионах страны.

Российская атомная энергетика – это опора государства, основа его оборонного имущества. Иметь ядерное оружие необходимо, это гарант национальной безопасности. Уникальный ядерный источник энергоресурсов во много раз эффективнее, чем органическое топливо. К

тому же атомная отрасль производит ядерные материалы, а проблема нераспространения является, безусловно, государственной, она требует государственного влияния, контроля и поддержки.

Впервые в атомной отрасли ставится задача сделать так, чтобы оплата труда российских специалистов не уступала западной. ТВЭЛ развивает программу «Новый облик». В компании обеспечен рост производительности труда в среднем на 30 %, заработная плата в 2011 году увеличилась на 28 % по сравнению с прошлым годом.

Судьба атомных городов зависит от развития градообразующих предприятий, а оно возможно только в том случае, если будет сохранена господдержка. При сохранении текущего политического курса и помощи со стороны государства атомной отрасли использование мощного научно-технического потенциала градообразующих предприятий ЗАТО – это гарантия выделения бюджетных средств на развитие городской среды, создание новых рабочих мест и повышения статуса ЗАТО внутри страны. Только при активной поддержке государства обеспечивается мощное и быстрое развитие атомных городов. Эта поддержка в последние годы весьма ощутима.

По данным Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) развитие атомной энергетики поддерживают 27% россиян, почти столько же выступают за сокращение количества АЭС. Если в 2011 году за увеличение числа атомных станций выступали только 16% опрошенных, то сегодня этой позиции придерживаются 27%. Среди опрошенных респондентов развитие отрасли поддерживают молодые (32%) и высокообразованные россияне (31%), жители городов-миллионников, крупных и средних городов (30-33%). Оставить число станций на прежнем уровне предлагают 38% (в прошлом году - 45%), а 26% россиян считают, что число таких объектов надо сокращать.

В современных условиях атомная энергетика — один из важнейших секторов экономики России. Сегодня атомная отрасль по праву считается одной из ключевых, стратегически важных в российской экономике, и ее развитию уделяется приоритетное государственное внимание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная корпорация по атомной энергетике «Росатом» [электронный ресурс] URL: <http://www.rosatom.ru/>
2. Газета атомной отрасли «Страна Росатом» [электронный ресурс] URL: <http://www.strana-rosatom.ru/>
3. Пресс-центр атомной энергетики и промышленности [электронный ресурс] URL: <http://www.minatom.ru/view/snf/>
4. Российское атомное сообщество [электронный ресурс] URL: <http://www.atomic-energy.ru>

МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ МАЛОГО БИЗНЕСА В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Уварова Ю.Н., Михеенко С.Н.

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

В статье дана оценка развития предпринимательства на территории Томской области, определен комплекс мер, реализуемый региональной администрацией по управлению и оптимизации деятельности предприятий малого и среднего бизнеса.

Предпринимательство является важной составляющей рыночной экономики, и именно поэтому, государство, сохраняя у себя регулирующие функции, старается стимулировать развитие бизнеса, принимая решения, поддерживающие его.

Остановимся подробнее на функционировании предпринимательства в Томской области, которая относится к территориям с высоким уровнем развития малого и среднего бизнеса. Малое предпринимательство оказывает существенное влияние на экономику Томского региона, поскольку создает новые рабочие места, способствует увеличению налоговых поступлений в бюджет, производит товары, оказывает услуги и расширяет их ассортимент в соответствии с меняющимися запросами потребителей, обеспечивает занятость, формирует конкурентную среду, поддерживает деловую активность населения.

Предприниматели свидетельствуют, что в Томске открыть бизнес легче, чем в других городах России. В результате – постоянный прирост самой экономически активной части населения в возрасте от 30 до 45 лет в регионе. По количеству малых предприятий в расчете на 100 тысяч жителей Томская область к 2011 году занимала 10-е место среди всех российских регионов благодаря существующим механизмам региональной государственной поддержки предпринимательства. Впереди Томской области такие мегаполисы как Москва и Санкт-Петербург. Соседняя Новосибирская область занимала в этом исследовании 40-е место.

По итогам 2011 года в области действует 27488 предприятий. Из них 1947 малых предприятий и 19422 микропредприятия, 163 средних предприятий и 935 крупных предприятий. Некоммерческих организаций в Томской области зарегистрировано 5021, индивидуальных предприятий – 31851 [1].

Отраслевая структура сектора малого и среднего предпринимательства на начало 2011 года выглядела следующим образом: наибольшее количество малых предприятий занято в сфере оптовой и розничной торговли с долей 28,4%; в строительстве 14,8%; в обрабатывающем производстве 14,6%; в производстве и распределении

электроэнергии, газа и воды 2,6%; в добыче полезных ископаемых 0,9%; в гостиничном и ресторанном бизнесе 3,4%; в сфере транспорта и связи 6%; в сельском, лесном хозяйстве и охоте 5,6%; в сфере образования и здравоохранения 2,4%. Количество малых предприятий, занятых с операциями с недвижимым имуществом, арендой, предоставлением услуг составляет 17,8%; прочих малых предприятий 3,5%.

В Томской области широко применяются механизмы государственной поддержки предпринимательства, которые способствуют созданию благоприятных условия развития малого и среднего бизнеса, эффективному взаимодействию с представителями других регионов России и зарубежными партнерами, такие, как: субсидирование затрат в связи с внедрением энергосберегающих технологий; субсидии субъектам малого и среднего предпринимательства, производящим товары, работы, услуги, предназначенные для реализации за пределами Томской области и для экспорта; субсидирование части процентной ставки по кредитам, затрат по договорам лизинга и франчайзинга; субсидирование части размера платы за технологическое присоединение; государственная программа финансовой поддержки МСП.

За годы реализации областной политики развития предпринимательства создана целая инфраструктура поддержки малого и среднего бизнеса. Ведет деятельность Гарантийный фонд Томской области, оказывающий дополнительную финансовую помощь малым и средним предприятиям. В период с 2009 по 2011 год Гарантийный фонд выдал поручительства на сумму 284 645 721 руб. Из них 45 190 000 рублей пошло на сельское хозяйство, 44 165 000 рублей – на строительство, 52 362 704 рублей – на услуги, 42 823 784 рублей – на торгово-посредническую деятельность, 73 736 891 рублей – на производство, 26 367 342 рублей – на транспортные перевозки (грузовые и пассажирские) [2].

В рамках долгосрочной целевой программы "Развитие малого и среднего предпринимательства в Томской области" с 2008 по 2011 год финансирование составило 1 млрд. 796 тыс. рублей. В 2012 году власти Томской области планируют направить на поддержку малого и среднего бизнеса 300 млн. рублей, по 150 млн. рублей из областного и федерального бюджета, что на 8,7% больше, чем в 2011 году.

В феврале 2012 года на поддержку стартового бизнеса в Томской области уже направлено около 60 млн. рублей. В частности, 10 млн. рублей – средства областного бюджета, 40 млн. рублей – федерального. Еще 8,7 млн. рублей на поддержку малого и среднего предпринимательства муниципалитеты выделили из своих бюджетов. Кроме того, на реализацию других мероприятий муниципальных программ развития малого и среднего бизнеса направлено еще 3 млн. 750 тыс. рублей. Финансирование пошло на развитие центров поддержки предпринимательства в районах области, содействие в реализации

молодежных бизнес-проектов и на привлечение в малое предпринимательство молодых специалистов. Дополнительно выделено 8,5 млн. рублей на развитие бизнес-инкубаторов в районах области. В результате в 2012 году поддержку получают не менее 166 предпринимателей. Будет создано более 400 рабочих мест, в том числе 200 рабочих мест для безработных.

В настоящее время в Томской области действуют 18 микрофинансовых организаций и 6 производственных бизнес-инкубаторов [3]. Консультационную помощь и содействие в разработке и подготовке бизнес-планов для начинающих предпринимателей оказывает областной фонд поддержки предпринимательства и 24 муниципальных центра поддержки предпринимательства. Томская область стала одним из первых российских регионов, где был создан ЕвроИнфоЦентр, предоставляющий бесплатную информационно-консультационную поддержку и содействие малым и средним предприятиям России и стран Евросоюза, которые заинтересованы в установлении и развитии взаимовыгодного делового сотрудничества.

В области проводятся конкурсные отборы молодежных предпринимательских проектов. Так, в декабре 2011 года в Томске прошел очередной конкурсный отбор «Первый шаг», где конкурсная комиссия определила 21 победителя, каждому из которых на поддержку проектов выделена субсидия в размере от 100 до 300 тыс. рублей. На поддержку начинающих предпринимателей в Томске направлено 6,1 млн. рублей. В ноябре 2011 года в Томске состоялся конкурс молодежных предпринимательских проектов «Перспектива», в результате которого 30 победителей получили субсидии в сумме, не превышающей 400 тыс. рублей.

Регулирование малого бизнеса и предпринимательства в Томской области является одним из важнейших приоритетов деятельности администрации. Сложившаяся на сегодняшний день инфраструктура поддержки предпринимательства совершенствуется с каждым годом. Благоприятным фактом является ежегодное увеличение финансирования из областного бюджета и рост суммы федеральных субсидий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Департамент развития предпринимательства и реального сектора экономики Томской области [Электронный ресурс] URL: http://www.biznesdep.tomsk.gov.ru/news_cat2-263.html
2. Малый и средний бизнес Томской области [Электронный ресурс]: Итоги деятельности Гарантийного фонда в 2011 году URL: http://mb.tomsk.ru/itogi_2011.html
3. Томский обзор [Электронный ресурс] URL: <http://obzor.westsib.ru/news/362764>

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сборник статей,
посвященный 70-летию НИЯУ МИФИ

Научный редактор: доктор физико-математических наук, профессор
М.Д. Носков

Компьютерное макетирование:
С.А. Кораблева

ISBN 978-5-93915-116-0



Подписано к печати 20.09.2012.
Формат 60х84/16. Бумага ксероксная.
Печать RISO. Усл. печ. л. 10,2. Уч.- изд. л. 5,1.
Тираж 100 экз. Заказ № _____. Цена свободная.
Изд. СТИ НИЯУ МИФИ. Лицензия _____
636036, г. Северск, пр. Коммунистический, 65.
Отпечатано в СТИ НИЯУ МИФИ.

