

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ ТОМСКА
СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НИЯУ «МИФИ»**

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

**Отраслевая научно-практическая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященная 60-летию СТИ НИЯУ МИФИ
в рамках научной сессии НИЯУ МИФИ
9-13 декабря 2019 г.**

Материалы конференции

УДК 621.039
И 665

Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения: отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященная 60-летию СТИ НИЯУ МИФИ в рамках научной сессии НИЯУ МИФИ, 9-13 декабря 2019 г.: материалы конференции: [тезисы докладов] / Министерство науки и высшего образования РФ, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Информационный центр по атомной энергии г. Томска, Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ); под редакцией М.Д. Носкова. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2019. – 98 с. –Текст (визуальный): электронный

ISBN 978-5-93915-144-3

Сборник включает тезисы докладов конференции «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения». Приводятся научные и практические результаты исследований, связанных с проблемами развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации и цифровизации установок и производств, машин и аппаратов ядерных технологий, социальных и экономических проблемы атомной отрасли.

Для студентов, аспирантов соответствующих специальностей и молодых ученых.

Материалы сборника издаются в авторской редакции. Авторы несут полную ответственность за достоверность информации и возможность её опубликования в открытой печати

ISBN 978-5-93915-144-3

© Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 2019

Уважаемые участники конференции!

Отраслевая научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновации в атомной отрасли: проблемы и решения», посвященная 60-летию СТИ НИЯУ МИФИ, организована ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Северским технологическим институтом – филиалом ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» и Информационным центром по атомной энергии города Томска.

В рамках конференции будут обсуждаться актуальные проблемы развития атомного энергопромышленного комплекса, включая вопросы совершенствования химической технологии, автоматизации и цифровизации установок и производств, машин и аппаратов ядерных технологий, социальные и экономические проблемы атомной отрасли.

Целью конференции является содействие инновационно-техническому развитию атомной отрасли и внедрение результатов научных исследований в производство, а также совершенствование подготовки специалистов и кадров высшей квалификации для ГК «Росатом». В конференции принимают участие молодые ученые, аспиранты и студенты вузов, а также специалисты предприятий атомной промышленности.

Данный сборник будет способствовать профессиональному росту участников конференции, налаживанию делового сотрудничества и развитию творческих связей ученых и специалистов, работающих в атомной промышленности.

Председатель организационного комитета,
доктор физико-математических наук,
профессор

М.Д. Носков

СО Д Е Р Ж А Н И Е**СЕКЦИЯ «Химические технологии ядерной промышленности»**

Агеева Л.Д., Гуммер Л.В., Муслимова А.В., Рехтина Ю.К., Хохолкина А.В.

Определение тяжелых металлов рентгенофлуоресцентным методом в водных пробах 13

Ахмедова А.Р., Горбачева В.Н., Шваб А.В.

Моделирование аэродинамики и концентрационной диффузии в химическом аппарате 14

Богданова С.А., Боянгина С.Н., Захарова Е.А.

Применение оптических методов для определения микроконцентраций йодид-ионов 15

Болтовская Н.А., Кропочев Е.В., Макасеев Ю.Н.

Установка переработки ЖРО 16

Брякунова В.В., Зеличенко Е.А.

Получение и изучение свойств стронций содержащего гидроксиапатита 17

Брянский М.Н., Дружинин Р.И., Лаптев С.К.

Разрешение кризиса развития современной ядерной энергетики за счет эксплуатации СНУП топлива..... 17

Буйновский А.С., Лисица В.А., Муслимова А.В., Смолкина Т.В., Панфилова С.С., Калашников А.В.

Разложение монацита бифторидом аммония 19

Воробьёв А.И., Гузеев В.В.

Очистка сточных вод методом электролиза..... 20

Горбачева В.Н., Ахмедова А.Р., Шваб А.В.

Исследование влияния термогравитационных сил на аэродинамику в химическом реакторе 21

Горева Е.В., Шевцова А.А.

Оценка возможности использования кадмия в качестве жидкого катода при пирохимическом переделе ОЯТ..... 22

-
- Доняева Е.С., Софронов В.Л., Терещенко А.В.*
Процесс переработки жидких радиоактивных отходов на базе
«Исследовательского реактора ИРТ-Т» Томского Политехнического
Университета 23
- Елкова А. К., Лазарев М. М.*
Исследование регенерации N,N-диметилацетамида из растворов от
производства арамидных волокон..... 24
- Зубарев Е.А., Гузеев В.В.*
Нитридное топливо в ядерной энергетике 25
- Иконников Д.В., Кириченко Р.И., Молокова Т.А., Муслимова А.В.,
Лисица В.А., Буйновский А.С.*
Фтораммонийно-сернокислотная переработка различных
материалов 26
- Колесников Е.В., Калиновский Ю.А., Сорокин Д.Д.*
Влияние давления прессования смеси порошков Zr и Al на пористость
заготовки для проведения СВС 27
- Калиновский Ю.А., Колесников Е.В., Прец А.А.*
Изменение содержания плутония в процессе кампании ядерного
топлива РУ БРЕСТ 28
- Кикенина И.К., Копёнкин Е.В., Богданова С.А., Бормотова Н.А.*
Потенциометрическое определение содержания йодид-ионов в
природной и питьевой воде и изучение проблемы дефицита йода в
г. Северске..... 29
- Коробейников Е.А., Софронов В.Л., Зозуля Д.В., Ещев В.А.,
Шляжко Д.С.*
Комбинированная (ПИРО-ГИДРО) технология переработки
нитридного отработанного ядерного топлива..... 30
- Кузьмин А.А., Макасеев Ю.Н.*
Получение скандия методом электрорафинирования
в расплаве солей 31
- Лаптев С.К., Софронов В.Л., Дружинин Р.И., Брянский М.Н.*
Производство таблетированного МОКС-топлива 32

- Молокова Т.А., Буйновский А.С., Муслимова А.В.*
Определение РЗЭ в составе ситаллов методом ИСП-АЭС..... 33
- Петренко А.Ю., Молоков П.Б.*
Верификация режима запуска модели каскада экстракционного обогащения изотопов лития 34
- Семенов С.С., Гузеев В.В., Циркунов П.Т., Калаев М.Е.*
Закрытый ядерный топливный цикл на основе плазмохимической технологии синтеза СНУП/МОКС топлива из ГФУ и газотриодидной переработки ОЯТ..... 35
- Семенов С.С., Гузеев В.В., Циркунов П.Т., Калаев М.Е., Муслимова А.В.*
Высокотемпературная жаростойкая краска с низким коэффициентом теплопроводности на основе глобулярных наноструктурированных пустостелых частиц оксидов металлов 36
- Ушаков А.О., Петровская А.С., Ожерельев О.А.*
Особенности использования метода СВЧ-денитрации уранил нитрата..... 37
- Федоров М.С., Бердников А.В., Зозуля Д.В., Жиганов А.Н., Ненуженко М.С.*
Отработка технологических процессов изготовления СНУП-топлива на модуле фабрикации-рефабрикации опытно-демонстрационного энергокомплекса..... 38
- Хорохорин В.С., Молоков П.Б., Макасеев А.Ю., Мурлышев А.П.*
Физико-химические основы модифицирования и поверхностной обработки диоксида титана 40
- Шайдуллин С.М., Козлов П.В., Ремизов М.Б., Жиганов А.Н.*
Влияние боросиликатного стекла на коррозионную стойкость огнеупорного шамота 40
- Шинкевич Р.А., Орлов А.А.*
Разделение изотопов германия в каскаде газовых центрифуг 41

СЕКЦИЯ «Автоматизация и цифровизация установок и производств атомной отрасли»

Адонин Н.Р., Щипков А.А.

Информационно-управляющая система для повышения эффективности работы погружных насосов 43

Ан Е.Д., Брендаков В.Н.

Математическое моделирование процесса остывания жидкого металла в изложнице 44

Боржигон Е.В., Антонов В.П., Коломин В.В.

Разработка автоматической системы управления пароперегревателем 45

Бугрина В.С., Истомина Н.Ю., Истомин А.Д., Носков М.Д.

Концепция программного модуля для расчета индивидуальных пероральных доз 46

Вебер Д.А., Иванов К.А.

Создание стенда программно-аппаратного моделирования на платформе ПЛК «ОВЕН» 47

Гончарова Н.А., Носков М.Д.

Применение информационно-моделирующей экономической системы для оценки предложений по оптимизации работы эксплуатационного блока способом скважинного подземного выщелачивания 48

Дягилев В.В.

Разработка автоматической системы контроля герметичности перчаточных боксов 49

Журавлев А.А., Брендаков В.Н.

Численное исследование процесса фторирования металлического вольфрама 50

Ким В.В., Брендаков В.Н.

Математическое моделирование процесса термического разложения полиурната аммония 51

Кучин Д.И., Иванов М.Л.

Моделирование случайных шумов и фильтрация ЭКГ сигнала 52

-
- Мазуров Д.С., Попова И.Г.*
Кибербезопасность: обнаружение угроз и защита 53
- Никитин А.В., Истомина Н.Ю.*
Модель расчёта дозы внутреннего облучения за счёт потребления продуктов питания, произведённых в районе расположения АЭС 54
- Полякова А.С., Иванов М.Л.*
Радиационный риск, обусловленный долгоживущими радионуклидами на поверхности района расположения АЭС 55
- Попова К.Е., Истомина Н.Ю.*
Радиационный риск, обусловленный долгоживущими радионуклидами на поверхности района расположения АЭС 55
- Правосуд С.С., Иванов К.А., Бадретдинов Т.Х.*
Имитационное моделирование нейтронно-физических процессов в реакторе Брест-300-ОД..... 57
- Правосуд С.С.*
Расчет сплошной гетерогенной защиты от ионизирующего излучения методом Д.Л. Бродера 58
- Савенко А.В., Иванов М.Л.*
Разработка программного обеспечения для исследования ЭКГ сигнала 59
- Сербин А.В., Адонин Н.Р., Носков М.Д., Щипков А.А.*
Прогнозирование неисправностей и оценка работоспособности насосного оборудования полигона скважинного подземного выщелачивания урана 60
- Смирнов К.В., Фаустов Б.А., Фаустова И.Л.*
Система распределённого вычисления поля скоростей..... 61
- Сычев М.И., Адонин Н.Р., Щипков А.А.*
Моделирование режимов работы погружного асинхронного двигателя в составе привода центробежного насоса..... 62
- Теровская Т.С., Носков М.Д.*
Применение 3D моделирования для выбора оптимальных схем вскрытия при разработке месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания..... 63

<i>Теровская Т.С., Носков М.Д.</i> Моделирование двухскважинного опыта на добровольном месторождении урана	64
<i>Тиханов А.А., Иванов М.Л.</i> Моделирование зубцов кардиоцикла с помощью смеси функций Гаусса.....	65
<i>Филонова А.А., Теровская Т.С., Носков М.Д.</i> Исследование влияния неоднородности распределения уранового оруднения на геотехнологические показатели отработки блоков при скважинном подземном выщелачивании	66
<i>Флинта С.Д., Недоступ Ю.А., Сюткин В.В.</i> Система автоматического управления автоклава.....	67
<i>Шамраева А.О., Носков М.Д., Теровская Т.С.</i> Влияние смещения фильтров скважин по вертикали на эффективность добычи урана методом СПВ	68
<i>Шамраева А.О., Носков М.Д., Теровская Т.С.</i> Математическое моделирование СПВ урана в продуктивном горизонте с фильтрационной неоднородностью в разрезе	69
<i>Шамраева А.О., Иванов К.А.</i> Управление технологическим процессом с использованием нейронной сети.....	70
<i>Шрайнер А.Э., Носков М.Д.</i> Использование кратковременной остановки блока для повышения эффективности извлечения урана на завершающей стадии эксплуатации.....	71
<i>Шубин А. К., Брендаков В.Н.</i> Численное исследование процесса восстановления гексафторида вольфрама водородом	72
СЕКЦИЯ «Машины и аппараты ядерной технологии»	
<i>Болтовская Н.А., Кропочев Е.В., Макаеев Ю.Н.</i> Получение диоксида урана.....	74

<i>Верлинский М.В., Малюгин Р.В., Орлов А.А.</i> Десублимация UF ₆ в вертикальные погружные емкости.....	75
<i>Глаголев Н.А., Зарипова Л.Ф.</i> Установка получения фтороводорода.....	76
<i>Гнедов И.С., Догаев В.В.</i> Технология получения плавиковой кислоты	77
<i>Грачев Е.К., Карташов Е.Ю.</i> Перспективы применения атомарного водорода	78
<i>Зарипова Л.Ф., Панфилова М.В.</i> Установка получения деминерализованной воды	79
<i>Карташов Е.Ю., Пилипенко А.М.</i> Разработка стенда гидрирования РЗМ	80
<i>Кузнецова А.Н., Серебрянникова Е.А.</i> Установка отверждения жидких радиоактивных отходов.....	81
<i>Механникова Е. Л., Захаров А. Н.</i> Универсальная установка для приготовления механических смесей порошков и измерения прочности сорбентов при истирании	82
<i>Миндалев П.Ю., Кузнецова А.Н.</i> Пиролиз углеводородного сырья.....	83
<i>Морозов Е.О. , Зарипова Л. Ф.</i> Установка ректификационной колонны фтороводорода.....	84
<i>Панфилова М.В., Будко Е.А., Бродский В.М., Карташов Е.Ю.</i> Радиохимическая переработка ОЯТ.....	85
<i>Прец А.А.</i> Изменение изотопного состава ядерного топлива при его рециркуляции в реакторе на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем	86
<i>Русаков И.Ю., Ткачук С.А.</i> Установка переработки обедненного гексафторида урана.....	87

<i>Таюрский Д.Р., Карташов Е. Ю.</i> Получение гексафторида урана	88
<i>Догаев В.В., Чухломин К.О.</i> Установка улавливания оксидов азота.....	89
<i>Эйрих К.А., Оглезнева Н.И, Карташов Е.Ю.</i> Гидрирование редкоземельных металлов.....	90
СЕКЦИЯ «Социально-экономические проблемы атомной отрасли»	
<i>Вебер Д.А., Ретунская Т.Н.</i> Развитие креативности студентов университета	92
<i>Кузьмин А.А., Филиппова Н.А.</i> Социальная политика госкорпорации «РОСАТОМ» как элемент политики управления человеческим капиталом	93
<i>Матина П.Н., Колотков Г.А.</i> ГИС-технологии в изучении пространственного распределения радиоактивных элементов	94
<i>Петренко А.Ю., Суздальцева А.М., Молоков П.Б.</i> Экономический сравнительный анализ способов регенерации N,N-диметилацетамида в производстве арамидных волокон	95
<i>Попова И.Г.</i> Цифровая трансформация отрасли: вызовы и проблемы	96
<i>Шамраева А.О., Курсанова Е.С.</i> Закрытость производства и экологическая безопасность.....	97



*Секция
Химические технологии ядерной промышленности*



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ В ВОДНЫХ ПРОБАХ

*Агеева Л.Д., Гуммер Л.В., Муслимова А.В.,
Рехтина Ю.К., Хохолкина А.В.*

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: rekhtinajulia97@gmail.com*

Тяжелые металлы относятся к главным загрязняющим веществам, которые негативно влияют на природные объекты окружающей среды, а также отрицательно воздействуют на организм человека, вызывая различные заболевания. Поэтому их содержание необходимо контролировать в природных объектах, таких как вода, почвы, растения.

Одним из наиболее развивающихся и перспективных методов контроля состава материалов является рентгенофлуоресцентный (РФА). Его достоинства – возможность проведения неразрушающего анализа, большой перечень определяемых элементов (от Na до U) в широком диапазоне концентраций (от 10^{-4} до 100 % мас), высокая скорость проведения анализа, простота подготовки как твердых, так и жидких проб.

Основным направлением работы является постановка методики «Методика определения содержания металлов в питьевых, природных и сточных водах при анализе на сорбционных целлюлозных ПДТК-фильтрах» (№242/89 - 09, дата выдачи свидетельства 30.12.2009 г.) рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спекроскан Макс-GVM» с помощью перистальтического насоса на пирролидиндитиокарбаматных (ПДТК) фильтрах. Метод подготовки пробы для измерения заключается в соосаждении металлов, при определенном рН, с использованием специальных ячеек «Миллипор». Массу элемента на фильтре определяют с помощью предварительно построенных градуировочных характеристик (ГХ), представляющих собой экспериментальную зависимость массы элемента на фильтре от аналитического сигнала.

Так, например, в ходе проведения исследования было установлено содержание тяжелых металлов в исходном образце минеральной воды. В частности, концентрация хрома составила $(0,052 \pm 0,018)$ мг/дм³, ванадия – $(0,086 \pm 0,015)$ мг/дм³. Подтверждена эффективность выбранного метода анализа, полученные данные отвечают приемлемости.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ И КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ДИФФУЗИИ В ХИМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ

*Ахмедова А.Р., Горбачева В.Н., Шваб А.В.
Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: annsunny2013@gmail.com*

В настоящей работе осуществляется моделирование процессов аэродинамики и тепломассопереноса в химическом аппарате, предназначенного для проведения реакции фторирования порошков тугоплавких металлов [1]. Химический реактор представляет собой цилиндрическую камеру с нагреваемой подложкой. Впуск газов в рабочую зону подводится аксиально через верхнее входное отверстие со средней скоростью U_{z0} и температурой T_0 . Вывод газов осуществляется также аксиально, через два нижних выходных отверстия.

Процесс фторирования проходит при малых скоростях смеси газов для полноты проведения химической реакции. Поэтому можно считать среду несжимаемой. Тепломассоперенос и аэродинамика газа описывается системой уравнений переноса импульса, теплоты, вещества и уравнением неразрывности [2]. Численное решение стационарной задачи осуществляется эволюционным методом до установления по времени на основе метода физического расщепления полей скорости и давления [3]. Учет влияния изменения плотности проводился на основе подхода Буссинеска.

В результате численного решения было получено распределение полей концентрации, температуры и радиальной и аксиальной составляющих вектора скорости. Достоверность численного решения проверялась на основе тестовых исследований и сравнений с аналитическими решениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский А.И, Чужко Р.К., Трегулов В.Р., Балаховский О.А. Фторидный процесс получения вольфрама. М.:Наука, 1981– 261 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840с., 311 ил., 22 табл. – (Классики отечественной науки).
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1984. – 152с., ил.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОКОНЦЕНТРАЦИЙ ЙОДИД-ИОНОВ

*Богданова С.А., Боянгина С.Н., Захарова Е.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: zvetoc@mail.ru*

Йод является жизненно необходимым микроэлементом, поскольку участвует в образовании гормонов щитовидной железы [1], отвечающих за обмен веществ в организме, предупреждает накопление радионуклидов йода. Суточная потребность в нем составляет 100-200 мкг. При этом главной проблемой в определении йодидов является их содержание в анализируемых объектах на уровне микроконцентраций.

В настоящее время наиболее перспективными являются оптические методы, достоинством которых является высокая чувствительность, что особенно ценно по отношению к элементам или ионам, для которых отсутствуют цветные реакции. Среди оптических методов преимущественно используются спектрофотометрия или турбидиметрия [2].

Цель данной работы - исследовать возможность применения оптических методов для определения микроконцентраций йодидов. Для этого предлагается использовать метод турбидиметрии, основанный на измерении ослабления интенсивности светового потока, прошедшего через раствор, содержащий твердые частицы малорастворимого AgI.

Метод основан на переведении йодид-ионов в малорастворимое соединение AgI ($PP_{AgI} = 1,1 \cdot 10^{-6}$). При этом осаждение AgI проводят в присутствии 25%-ного раствора аммиака (pH=9-11), для стабилизации суспензии предусмотрено добавление спирта в качестве стабилизатора. Оптическую плотность полученной суспензии йодида серебра измеряют на спектрофотометре. По калибровочному графику, полученному с использованием стандартных растворов KI, находят содержание йодид-ионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедов И.И., Герасимов Г.А., Свириденко Н.Ю. Йоддефицитные заболевания в Российской Федерации. – М.: Эндокринологический Научный Центр РАМН, 1999. – 25 с.
2. Уильямс У. Дж. Определение анионов. – М.: Химия. – 1982. – 624 с.

УСТАНОВКА ПЕРЕРАБОТКИ ЖРО

Болтовская Н.А.¹, Кропочев Е.В.², Макасеев Ю.Н.¹

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,*

*²Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр-т Ленина, 30,
e-mail: nboltovskaya15@gmail.com*

Среди отработанных продуктов промышленных предприятий самыми опасными являются радиоактивные отходы. Это вещества разного агрегатного состояния, в состав которых входят химические элементы обладающие радиоактивностью. С каждым годом риски возникновения радиационных аварий повышаются из-за массивного скопления РАО (радиоактивные отходы), которые требуют для безопасного обращения с этой категорией наличия особых технологических условий. Современные тенденции обращения с радиоактивными отходами направлены на минимизацию объемов радиоактивных отходов путем их концентрирования и компактирования. Особым видом РАО являются жидкие технологические радиоактивные отходы (ЖРО и ЖРАО) — промышленные отходы, содержащие радиоактивные нуклиды техногенного происхождения жидких радиоактивных отходов в России. На данный момент высокоактивные ЖРО в России перерабатываются методом остекловывания или хранятся в виде пульп, суспензий и концентрированных растворов в специальных емкостях- хранилищах.

Современные тенденции и опыт предприятий доказывают, что требуется перевод жидких в твердые радиоактивные отходы, с целью сокращения объемов и дальнейшего извлечения ценных компонентов.

В предприятиях получения диоксида урана (UO_2) образуются следующие виды удаляемых жидких радиоактивных отходов:

- азотнокислые экстракционные рафинаты;
- аммиачные маточные растворы;
- аммиачно-хлоридные маточные растворы;
- растворы спецпрачечной;
- орошающие растворы КФ.

Данная работа будет направлена на проектирование и разработку высокопроизводительных, безопасных и экологически чистых аппаратов и оборудования для перевода ЖРО в ТРО.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ СТРОНЦИЙ–СОДЕРЖАЩЕГО ГИДРОКСИАПАТИТА

Брякунова В.В., Зеличенко Е.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: VBryakunova@gmail.com*

В настоящее время ведутся активные поиски новых материалов медицины и промышленности, способных заменить имеющиеся с некоторыми улучшенными характеристиками. Одним из таких нам представляется модификация фосфата кальция в виде стронций–содержащего гидроксиапатита.

Гидроксиапатит кальция уже давно нашел широкое применение для создания инновационных материалов медицинского назначения (имплантатов, биометок, скаффолдов, средств доставки лекарств и др.). [1] Однако, возможность различных изоморфных замещений в структуре гидроксиапатита позволяет получать материалы с усовершенствованными качествами. Так, добавление стронция позволит увеличить остеоинтеграцию и улучшить механические и антибактериальные свойства материала. [2]

Целью работы было исследование свойств стронций–содержащего гидроксиапатита.

Для этого был синтезирован порошок стронций–замещенного гидроксиапатита путем взаимодействия нитратов кальция и стронция с фосфорной кислотой и гидроксидом натрия.

Также был проведен термодинамический анализ синтеза стронций–содержащего гидроксиапатита, рассмотрены различные способы получения ультрадисперсных порошков для покрытий имплантатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М.: Наука, 2005. - 204 с.
2. Li Y., Li Q., Zhu S. [et al.] The effect of strontium-substituted hydroxyapatite coating on implant fixation in ovariectomized rats // Biomaterials. 2010. Vol. 31, No. 34. P. 9006–9014.

РАЗРЕШЕНИЕ КРИЗИСА РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЗА СЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СНУП ТОПЛИВА

*Брянский М.Н., Дружинин Р.И., Лантев С.К.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: brmaxni@mail.ru*

В настоящее время в мире возникла проблема сокращения доли ядерной энергетики и возвращение к углеродным источникам энергии. Мировая доля атомной энергетики около 17% и с каждым годом этот процент уменьшается. Основные причины этой тенденции – это более высокая себестоимость электроэнергии, отсутствие видимых перспектив развития, а также ограниченность основной ресурсной единицы U-235.

Для решения этих проблем в России была разработана технология производства и эксплуатации СНУП (смешанное нитридное уран-плутониевое) топлива и использования его в реакторах, работающих на быстрых нейтронах [1].

Разрабатываемая технология эксплуатации СНУП топлива в реакторе БН-1200, позволит частично отказаться от существенной необходимости в изотопе урана U-235 и использовать вместо него легко добываемый и более распространенный U-238. Сочетание U-238 и оружейного плутония Pu-239 обладает необъятным энергетическим резервом. Это топливо в состоянии обеспечить большую долю потребности человечества в электроэнергии. При совокупной эксплуатации ЗЯТЦ (замкнутого ядерного топливного цикла) и быстрой энергетики, возможно существенно удешевить эксплуатацию атомной энергетики и улучшить общую экологическую обстановку.

ЗЯТЦ в состоянии использовать ОЯТ (отработанное ядерное топливо) за счет извлечения из него изотопов U, Pu, а также других трансурановых элементов, и повторной их эксплуатации.

Таким образом, использование технологий производства СНУП топлива и последующим его использованием в реакторах на быстрых нейтронах способно решить проблему сокращения доли атомной энергетики в мире, а также осуществить новый толчок в развитии атомной энергетики в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеев В.А., Забудько Л.М., Малышева И.В., Матвеев В.И. Нитридное топливо для перспективного быстрого натриевого реактора типа БН-1200.

РАЗЛОЖЕНИЕ МОНАЦИТА БИФТОРИДОМ АММОНИЯ

*Буйновский А.С., Лисица В.А., Муслимова А.В., Смолкина Т.В.,
Панфилова С.С., Калашиников А.В.*

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: 43number@gmail.com*

Монацит является ценным источником редкоземельных (РЗ) элементов, также содержит до 5-10 % ThO_2 , до 1 % U_3O_8 . Существует несколько основных методов переработки монацитовых концентратов (МК): щелочной и сернокислотный [1]. Использование фторирующих агентов в переработке РЗ-концентратов в ряде случаев позволяет сократить расход реагентов, снизить объём радиоактивных отходов, эффективнее разрушать кристаллическую решётку исходного минерала и удалять кремний-составляющую концентрата в виде газообразного SiF_4 . Применение непосредственно фтора и фтороводорода связано с экологической опасностью и сложностью их регенерации, поэтому в последнее время рекомендуют их заменять на такие фторирующие агенты, как фторид аммония, бифторид аммония (БФА), и фтор-содержащие соли [2].

Для исследований был выбран способ разложения МК БФА. Гидрофторирование проводили в стеклоуглеродных тиглях в муфельной печи. Продукты спекания выщелачивали водой и анализировали на содержание основных компонентов раствора выщелачивания и нерастворенные остатки.

В результате получено, что содержание кремния в продуктах фторирования после их выщелачивания водой снижается до 0,17 мас. %. При этом 21,1-36,2 % кремния от его содержания в исходном концентрате переходит в газовую фазу, 55,3-76,0 % – в раствор выщелачивания. До (52,5-83,3) % фосфора в продуктах фторирования после их выщелачивания водой остаётся в твёрдой фазе, (12,0-32,8) % переходит в жидкую и (12,1-28,1) % – в газообразную. В результате проведенных исследований были выбраны оптимальные условия для проведения процесса разложения МК БФА: температура 210 °С; содержание БФА 80 % от стехиометрии; продолжительность процесса 1 час.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков. К.А. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Ч. II. М.: Высшая школа, 1976. 360 с.
2. Способ переработки монацитового сырья: пат. 2667932 РФ: Русаков И.Ю. [и др.]. № 2017130644; заявл. 29.08.17, опубл. 25.09.18, бюл. № 27.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Воробьёв А.И., Гузеев В.В.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: nsc_2012@mail.ru*

В настоящее время ценность воды возрастает, так как её запасы постепенно истощаются, а самостоятельно природные источники восстановиться не успевают. Поэтому человечество уже давно разрабатывает и внедряет во все сферы жизни и производства различные методы очистки воды. Предприятия должны стремиться к созданию бессточных технологий, а очищенную воду возвращать в технологический процесс, что позволит сократить часть расходов.

Традиционные методы очистки воды не подходят, так как не обеспечивают должную эффективность. В их основе лежит фильтрация через определённую среду, которую необходимо периодически очищать, дезинфицировать и регенерировать или вовсе заменять. Но в 18 веке был открыт осмос – процесс односторонней диффузии через полупроницаемую мембрану молекул растворителя из стороны с меньшей концентрацией растворённого вещества в сторону большей. На основе данного явления были разработаны два мембранных метода опреснения воды: обратный осмос и электродиализ.

По ряду причин электродиализ более предпочтителен, чем обратный осмос. К примеру, он не требует тщательной водоподготовки, а используемые мембраны грубые, композитные, прочные, после высыхания восстанавливают свои свойства и служат 8 лет. Тогда как мембраны обратного осмоса тонкие, чувствительны к пересыханию, не подлежат регенерации и служат меньше года.

С учетом растущей стоимости потребляемой воды и экологической обстановки, создание замкнутых циклов становится все более актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мембранная система очистки воды – самый современный способ фильтрации воды [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bwt.ru/useful-info/membrannaya-sistema-ochistki-vody-samyy-sovremennyy-sposob-filtratsii-vody/>.
2. Долина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография. – Дн-вск.: Континент, 2008. – 254 с. ISBN 966-8737-53-7.
3. Ильина С.И. Электромембранные процессы: учебное пособие./ С.И. Ильина – М.: РХТУ им. Менделеева, 2013. – 57 с.
4. Пилат Б.В. Основы электродиализа. М.: Аввалон, 2004. – 456 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ НА АЭРОДИНАМИКУ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

*Горбачева В.Н., Ахмедова А.Р., Шваб А.В.
Томский Государственный Университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: wika.gorbacheva@mail.ru*

В данной работе исследуется влияние термогравитационной силы на аэродинамику пространственного течения в кольцевом канале, который является рабочим элементом химического реактора. В химической технологии наиболее перспективным методом является метод получения тугоплавких металлов путем осаждения из парогазовой фазы с помощью восстановления его фторидов при относительно небольших температурах. На первом этапе в работе была поставлена задача исследования процессов теплопереноса и аэродинамики, которые реализуются в рабочей зоне химического реактора. Рабочая зона химического реактора представляет собой коаксиальный цилиндрический канал с нагреваемой подложкой, в виде трубки, размещенной в середине канала. Сверху и снизу канала имеются отверстия вдоль всей трубы, через которые осуществляется впуск и выход газа из реактора. Для обеспечения более полного прохождения гетерогенной химической реакции в аппарате имеют место малые скорости смеси, что приводит к существенному влиянию термогравитационных сил. Аэродинамика и тепломассоперенос смеси газов в реакторе рассматривается на основе системы уравнений Навье – Стокса, уравнения неразрывности и уравнениями переноса теплоты и массы [1]. Система уравнений решается методом физического расщепления полей скорости и давления с применением неявной обобщенной схемы переменных направлений в «дельта» форме [2]. Достоверность численного решения проверялась на основе тестовых исследований. Результаты численных расчетов показали существенное влияние термической подъемной силы на аэродинамику смеси газов, что свидетельствует о необходимости учета этого явления при математическом моделировании аэродинамики и тепломассопереноса в химическом реакторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840с., 311 ил., 22 табл.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат.1984. – 152с.,ил.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАДМИЯ В КАЧЕСТВЕ ЖИДКОГО КАТОДА ПРИ ПИРОХИМИЧЕСКОМ ПЕРЕДЕЛЕ ОЯТ

Горева Е.В., Шевцова А.А.

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

Одной из ключевых задач в рамках проекта «Прорыв» является переработка нитридного отработавшего ядерного топлива реактора БРЕСТ-ОД-300, которую предполагается производить пирохимическими методами в сочетании с гидрометаллургическими методами. Основным аппаратом на данной стадии является электролизер. В непрерывном электрорафинировании планируется использовать кадмий в качестве электродного материала.

Одним из минусов использования Cd является то, что на слитках присутствует оксидная плёнка, которая при электролизе создает дополнительное перенапряжение на электродах, результатом которого будет являться ухудшение разделения актинидов и продуктов деления. Обычно оксидная плёнка снимается с легкоплавких металлов их переплавкой. Однако в случае Cd из-за его высокой вязкости фрагменты оксидной плёнки при переплавке оказываются распределёнными по всему объёму слитка.

Вторым затруднением может стать то, что для дальнейшего разделения актинидов и лантаноидов очень важно знать условия образования твердой урановой пленки на жидком катоде в зависимости от плотности тока и температуры. В системе U-Cd обнаружено одно соединение UCd_{11} , образующееся по перитектической реакции при температуре 472,9 °C. Растворимость U в жидком Cd незначительная, отсюда при проведении процесса при плотностях тока выше 200 мА/см² на поверхности жидкого кадмия наблюдается формирование корки из твердого урана. При катодной плотности тока менее 200 мА/см² катодный процесс протекает с образованием интерметаллического соединения UCd_{11} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Смоленский В.В., Новоселова А.В., Мушников П.Н. Электрохимического восстановления ионов урана (III) на жидком кадмиевом катоде в расплавленной эвтектике 3LiCl-KCl. XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Екатеринбург, 26-30 сентября 2016 г. – 386с.
2. Научный годовой отчет АО «ГНЦ НИИАР» (отчет об основных исследовательских работах, выполненных в 2016 г.) / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.В. Калыгина. — Димитровград: АО «ГНЦ НИИАР», 2017. — 230 с.

ПРОЦЕСС ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НА БАЗЕ «ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИРТ-Т» ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Доняева Е.С.^{1,2}, Софронов В.Л.², Терещенко А.В.^{1,2}

¹ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30,

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

e-mail: nwb@tpu.ru

Реактор ИРТ-Т – исследовательский реактор бассейнового типа, в котором в качестве замедлителя, теплоносителя и верхней защиты используется деминерализованная вода, в качестве отражателя используется бериллий.

На базе реактора ИРТ-Т разработана и введена в действие опытная установка по переработке жидких радиоактивных отходов (ЖРО) из ёмкостей-хранилищ на месте, а также осевших на дно ёмкостей шламов, состоящих из ила и твердых отложений.

Установка представляет собой колонку из нержавеющей стали, заполненную смесью ионообменных смол. ЖРО, проходя через смолу, очищаются от радионуклидов и поступают в промежуточную емкость. Контроль качества очистки воды проводится методом радиоизотопного анализа.

Результатом работы установки является получение очищенной воды, подходящей для использования в технологических целях, и твердых радиоактивных отходов пригодных для захоронения.

В докладе будут представлены результаты проведённых исследований по переработке ЖРО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический план проведения работ на опытной установке по переработке жидких радиоактивных отходов их емкостей-хранилищ ядерного реактора ИРТ-Т ГОУ ВПО «ТПУ». – Томск, 2009.
2. Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т. Томский политехнический университет. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/reactor> (дата обращения (24.10.2019)).
3. Никифорова Т.Е., Козлов В.А. Механизм извлечения тяжелых металлов из водных растворов химически модифицированной целлюлозой // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2012. Т. 48. № 6. С. 527-534.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ N,N-ДИМЕТИЛАЦЕТАМИДА ИЗ РАСТВОРОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН

Елкова А. К., Лазарев М. М.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: mmlazarev2d@gmail.com*

N,N-Диметилацетамид (ДМАА) – высокоэффективный апротонный растворитель – имеет большое значение для различных отраслей промышленности, особенно для производства полимерных материалов, где применяется в качестве растворителя в изготовлении высокопрочных термостойких синтетических арамидных волокон различных марок, а также пластмасс, пленок, лаков и красок. Кроме того, может успешно применяться во многих областях технологии основного органического синтеза. Являясь ближайшим гомологом диметилформамида, ДМАА превосходит его по термической стабильности, обладает меньшей коррозионной активностью и токсичностью. [1]

Известны различные способы регенерации диметилацетамида из технологических растворов, такие как адсорбция с последующей термической обработкой [2], обработка активированным углем с последующей экстракцией хлороформом [3], ректификационное разделение технологических растворов [4] и другие. В данной работе рассмотрен экстракционный метод выделения ДМАА из раствора для последующего возврата в технологический процесс производства синтетических волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакунин В. Ю. «Отработка качества диметилацетамида применительно к производству арамидных волокон» // Конструкции из композитных материалов 10.06.2015 / [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25609505/> (дата обращения (20.10.2019)).
2. Патент РФ № 2007106501/15, 20.02.2007
«Способ очистки сточных вод, содержащих диметилацетамид» // Патент России № 2367623, 2009. / Ковалев Д. А., Ковалев А. С., Филимонов А. В.
3. А.с. СССР №1599312 «Способ переработки сточных вод, содержащих диметилацетамид и изобутиловый спирт» // SU 1599312, 15.10.1990 / Когановский К. А.
4. Патент РФ № 2013138168/04, 15.08.2013
«Способ регенерации комплексной соли хлорид лития-диметилацетамид в производстве высокопрочных арамидных нитей» // Патент России № 2542367, 2015 Бюл. № 5. / Лакунин. В. Ю., Ведехин В. В., Склорова Г. Б.

НИТРИДНОЕ ТОПЛИВО В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Зубарев Е.А., Гузеев В.В.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: zubr.egrus@gmail.com*

Получение нитридного топлива очень важно для современной ядерной промышленности, так как оно открывает более производительные технологии использования ядерного топлива. Данная технология необходима, так как используемое практически во всех реакторах оксидное топливо имеет относительно низкую плотность делящегося материала, которая снижает коэффициент воспроизводства, а также слабую теплопроводность, ограничивающую тепловую нагрузку. Из этого следует, что для разработки новых типов реакторов на быстрых нейтронах, а также ядерно-энергетических установок специального назначения необходим переход к более плотным, обладающим хорошими теплофизическими свойствами, видам топлива.

При использовании нитридного топлива можно исключить некоторые трудности, которые возникают при работе с оксидным уран-плутониевым топливом в реакторах на быстрых нейтронах. В отличие от оксидного топлива содержание делящегося изотопа и теплопроводность нитридного топлива значительно выше. При одной и той же скорости деления и геометрии твэлов температура в центре нитридного твэла будет намного меньше, чем у оксидного.

Как показывает проведенное исследование, нитридное топливо может быть использовано как в реакторах на быстрых нейтронах, так и на тепловых нейтронах. Несомненный интерес составляет использование моонитрида урана в виде твердых растворов с моонитридом плутония. Этот вид топлива в настоящее время рассматривается как перспективное ядерное топливо реакторов на быстрых нейтронах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нитридное топливо для ядерной энергетики, Алексеев С.В., Зайцев В.А., 2013.
2. Нитридное топливо [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studme.org/107092/tehnika/nitridnoe_toplivo (дата обращения (23.10.2019)).

ФТОРАММОНИЙНО-СЕРНОКИСЛОТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Иконников Д.В., Кириченко Р.И., Молокова Т.А., Муслимова А.В.,
Лисица В.А., Буйновский А.С.*

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: denis.ikonnikov@outlook.com*

Редкоземельные элементы (РЗЭ) и их соединения получили широкое применение в качестве люминофоров, лазерных материалов, полупроводников, фотоэлектрических и диэлектрических материалах и т.д. [1]. Суммарный кларк РЗЭ равен 0,0146 %, содержание их в коре выше, чем В, Сu, Со, Zn и Ni [2]. Сложностью переработки РЗ-концентратов является наличие в них радиоактивных элементов, поэтому значительный интерес представляют нерадиоактивные источники. Такими источниками могут являться уже готовые РЗЭ-содержащие материалы и изделия, по какой-либо причине не востребованные на рынке, либо отходы производства таких материалов. Одним из них являются ситаллы – стеклокерамические материалы, получаемые при термообработке стекла. В зависимости от вводимых добавок, в частности, РЗЭ-содержащих, можно получать ситаллы с различными свойствами, что обуславливает широту сфер их применения. Общими свойствами ситаллов является их высокая механическая прочность, твердость, химическая стойкость к воздействию кислот, щелочей и окислению [3]. Последнее представляет определенную сложность в случае необходимости извлечения из них ценных компонентов: во-первых, из-за высокой механической прочности нетривиальной задачей становится задача их измельчения перед переработкой, а во-вторых, из-за химической стойкости – задача их разложения. Более дешевые кислотные способы разложения неприменимы из-за химической стойкости, а возможность разложения ситаллов другими способами, в частности, методом фторирования, должна быть предварительно оценена с экономической точки зрения в зависимости от их качественного состава и количественного содержания ценных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарь И.А. и др. Соединения редкоземельных элементов. Силикаты, германаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты. М Наука, 1983. с. 3.
2. Михайличенко А.И. Редкоземельные металлы. М.: Металлургия, 1987. 17 с.
3. М. Шмаков, В. Паршин. Гибридно-пленочные интегральные микросхемы: выбор материалов и что необходимо учитывать при конструировании. Технологии в электронной промышленности, 2007, №2, 65.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ СМЕСИ ПОРОШКОВ Zr И Al НА ПОРИСТОСТЬ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СВС

Колесников Е.В.¹, Калиновский Ю.А.¹, Сорокин Д.Д.²

*¹Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,*

*²Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.*

e-mail: kolesnikov_yevgeniy@mail.ru

На сегодняшний день атомная промышленность нуждается в новых видах ядерного топлива, позволяющих обезопасить эксплуатацию ЯЭУ.

Некоторые из этих видов топлива используют материалы, которые можно получать методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), который имеет ряд преимуществ, основным из которых является малые затраты энергии на синтез, перед традиционными методами [1].

Ещё одним преимуществом технологии СВС является возможность получения материалов с заданными свойствами, воздействуя на начальные параметры системы. Одним из таких параметров является давление шихты, которое влияет на плотность заготовки и на количество пор в ней.

В данной работе рассматривается зависимость пористости заготовки от давления прессования. Шихта состоит из смеси порошков Zr и Al в молярном соотношении 3:1. Для этих целей была проведена металлография образцов на базе светового микроскопа.

Было выявлено наличие нелинейной зависимости пористости от давления прессования шихты.

ЛИТЕРАТУРА

1 Амосов А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: учебное пособие / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. – М.: Машиностроение–1, 2007. – 471 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЛУТОНИЯ В ПРОЦЕССЕ КАМПАНИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА РУ БРЕСТ

Калиновский Ю. А.¹, Колесников Е. В.¹, Прец А. А.¹.

¹Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail: kalinovskiy247@gmail.com

На сегодняшний день основной проблемой ядерной энергетики является топливо. Уран добывается тяжело, а его запасов с каждым годом становится все меньше. В середине прошлого века отвал U-238 с остаточным содержанием U-235 0,2-0,3 % просто выбрасывали. Но потом стали хранить для того чтобы вовлечь в топливный цикл в реакторах на быстрых нейтронах.

Одним из главных преимуществ реакторов проекта «Прорыв» перед реакторами типа БН является отсутствие урановых бланкетов в активной зоне.

В ходе выполнения работы организован итерационный процесс для решения системы дифференциальных уравнений диффузии методом многих групп для критического ядерного реактора [1]. Начальное содержание плутония составило 12,485 %, все остальное отвалный уран. Рассчитанная длительность кампании ядерного топлива составила 1500 эф.сут., что соответствует заявленным требованиям. На рис.1 приведен график изменения концентрации от времени. Из рисунка видно, что в процессе кампании ядерного топлива происходит увеличение содержания плутония.

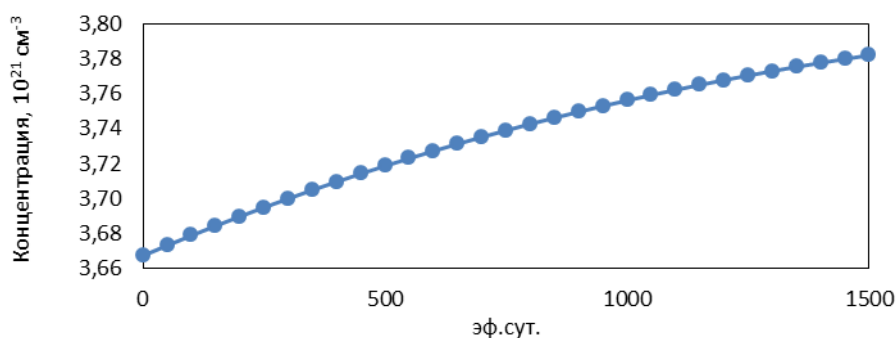


Рисунок 1 – Зависимость концентрации плутония от времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеров В.Н. Организация итерационного процесса при численном восстановлении спектра нейтронов в размножающей среде с графитовым замедлителем / В. Н. Нестеров, А. В. Головацкий, И. В. Шаманин // Известия высших учебных заведений. – 2004. – № 1. – С.1 – 5.

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЙОДИД-ИОНОВ В ПРИРОДНОЙ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ЙОДА В Г. СЕВЕРСКЕ

Кикенина И.К.¹, Копёнкин Е.В.², Богданова С.А.³, Бормотова Н.А.¹

¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
"Средняя общеобразовательная школа № 196",
636017, г. Северск Томской области, ул. Калинина, 46А

²Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
"Средняя общеобразовательная школа № 198",
636019, г. Северск Томской области, ул. Победы, 12А

³Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: zvetoc@mail.ru

Для России проблема дефицита йода чрезвычайно актуальна, так как более 70% регионов имеют недостаток йода в воде, почве и продуктах питания местного происхождения [1]. Дефицит йода приводит к снижению интеллектуального потенциала, нарушению функции щитовидной железы.

Нами для количественного определения йодид-ионов в воде использовался метод потенциометрии [2].

В исследованиях использовался отечественный твердоконтактный электрод с поликристаллической мембраной фирмы «Вольта» (г. Санкт-Петербург), градуировочная характеристика которого пропорциональна концентрации йодид-ионов в растворе. В качестве электрода сравнения применяли хлоридсеребряный электрод. Э.д.с. гальванической цепи измеряли с помощью цифровых иономеров.

Погрешность измерения на пределе чувствительности электрода составила 21 %. Определение содержания йодид-ионов в питьевой и минеральной водах проводили по методу «введено-найдено» [3].

Предлагаемый способ был опробован при определении содержания йодид-ионов, добавляемых при производстве в экологически чистую питьевую воду «Архыз» ООО «ТД «Дельта» и «Югус Артезианская» ООО «Завод Югус».

ЛИТЕРАТУРА

1. Дедов И.И., Герасимов Г.А., Свириденко Н.Ю. Йоддефицитные заболевания в Российской Федерации. М.: Эндокринологический Научный Центр РАМН, 1999. 25 с.
2. Камман К. Работа с ионоселективными электродами. М.: Мир, 1980. 283 с.
3. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Лурье Ю.Ю. – М.: «Химия», 1973. 263 с.

КОМБИНИРОВАННАЯ (ПИРО-ГИДРО) ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НИТРИДНОГО ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

*Коробейников Е.А., Софронов В.Л., Зозуля Д.В., Ещев В.А.,
Шляжко Д.С.*

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

Несмотря на большое разнообразие процессов переработки отработанного ядерного топлива (ОЯТ), в настоящее время промышленно освоенной является только гидрометаллургическая технология, основанная на экстракционном PUREX-процессе, предполагающем использование в качестве экстрагента, в основном, трибутилфосфат (ТБФ) в углеводородном разбавителе. В мире также накоплен значительный опыт разработки пирохимической технологии переработки ОЯТ в солевых расплавах. На сегодняшний момент у пирохимической технологии, как и у гидрометаллургической, существуют как достоинства, так и недостатки, послужившие причиной для разработки, комбинированной (пиро-гидро) технологии.

Опытно-демонстрационный реактор со свинцовым теплоносителем на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300 будет использовать смешанное нитридное уран-плутониевое топливо (СНУП). Продолжительность внешнего топливного цикла реактора БРЕСТ не будет превышать одного года, со средним значением выгорания 8-10 % т.а. Затем ОЯТ в течении одного года будет выдерживаться во внутриреакторном хранилище для снижения активности до приемлемой для дальнейшей переработки.

Для переработки СНУП ОЯТ предложен комбинированный метод – «РН-процесс», состоящий из комбинации высокотемпературных операций, включая пироэлектрохимические, и гидрометаллургических операций для аффинажа целевых продуктов (U, Pu, Np, Am) и обращения с радиоактивными отходами (РАО). Целевые продукты пойдут на фабрикацию ядерного топлива (ЯТ) и изготовление тепловыделяющих сборок (ТВС). Тем самым обеспечивая топливом реактора как на быстрых, так и на тепловых нейтронах. Количество получаемых радиоактивных отходов (РАО) значительно меньше, чем при использовании чисто гидрометаллургической схемы, их состав – это преимущественно нитриты редкоземельных металлов, характеризующиеся высокой удельной активностью ($3,02 \cdot 10^{16}$ Бк/т ОЯТ) и тепловыделением (2,61 Вт/л). РАО в виде рафината, при необходимости разбавляется до обеспечения необходимого тепловыделения, заключаются в минералоподобные матрицы (МПИМ) путем иммобилизации.

ПОЛУЧЕНИЕ СКАНДИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАФИНИРОВАНИЯ В РАСПЛАВЕ СОЛЕЙ

Кузьмин А.А., Макасеев Ю.Н.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: kanitone@gmail.com*

Скандий в настоящее время используется в большом количестве абсолютно различных производств от медицины до металлургии, что обуславливает огромную необходимость в промышленном получении этого металла.

Впервые скандий был получен в 1937 году электролизом расплава хлоридов скандия, калия и лития при 700-800 °С на жидком катоде из химически чистого цинка. С того времени было изобретено огромное множество других способов. В настоящее время основной способ получения скандия – металлотермическое восстановление из хлоридов и фторидов кальцием.

В данной работе приведены результаты предварительных исследований по электрорафинированию металлического скандия в расплаве солей. Этот процесс не требует специальной очистки исходного сырья, применения дорогого восстановителя – кальция, также метод отличается относительной простотой.

В качестве электролита взят эвтектический расплав хлоридов калия и натрия, температура плавления данной смеси около 700 °С, рабочая температура – 750 °С. В состав электролита входит хлорид скандия. В качестве катода взят стержень из чистого металлического скандия, в качестве анода – скандиевый электрод из чернового металла. Сам процесс рафинирования проводится в инертной обескислороженной среде, так как хлорид скандия очень гигроскопичен. Во избежание загрязнения полученного чистого металла тигель выполнен из корунда, так как его инертность достаточно высока, и он обладает высокой термической устойчивостью.

В полученных опытных образцах металлического скандия содержание кислорода, азота и других примесей удалось снизить на порядок.

В дальнейшем предполагается оптимизировать условия проведения процесса получения скандия высокой чистоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршунов Б.Г. Скандий / А.М. Резник, С.А. Семенов, – М.: «Металлургия», 1987. – 187 с.

ПРОИЗВОДСТВО ТАБЛЕТИРОВАННОГО МОКС-ТОПЛИВА

*Лаптев С.К., Софронов В.Л., Дружинин Р.И., Брянский М.Н.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: psihiatrist@mail.ru*

Один из современных путей повышения эффективности ядерной энергетики – внедрение перспективных топливных материалов, в частности МОКС-топлива.

Таблеточная технология МОКС-топлива представляет собой проекцию давно и успешно освоенной технологии урановой «таблетки» на изготовление смешанного оксидного уранплутониевого топлива. Преимуществом данной технологии является то, что «таблетки», как продукт отдельного передела, хорошо поддаются контролю. Кроме того, уже получен значительный положительный опыт фабрикации и облучения экспериментальных тепловыделяющих сборок (ТВС) с таблеточным топливом в активной зоне реактора. К числу недостатков можно отнести чувствительность технологии к примесям и целевым добавкам, например, при реализации замкнутого цикла с трансмутацией минорных актинидов.

Производственный комплекс по изготовлению МОКС-топлива состоит из следующих переделов:

- очистки и переочистки плутония;
- изготовления топливных таблеток, подготовка пресс-порошка с добавлением пластификаторов и порообразователей, прессование таблеток под давлением, с использованием твердосплавного пресс-инструмента высокотемпературное спекание в среде водорода;
- изготовления ТВЭЛов;
- изготовления ТВС и системы аналитического контроля.

Переочистка плутония предназначена для очистки сырьевого диоксида плутония от балластных примесей и америция, получения диоксида плутония «керамического» сорта в виде усредненных по изотопному и химическому составу.

В докладе будет представлено подробное описание и технология изготовления МОКС-топлива.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЗЭ В СОСТАВЕ СИТАЛЛОВ МЕТОДОМ ИСП-АЭС

*Молокова Т.А., Буйновский А.С., Муслимова А.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: n-tatyanka@mail.ru*

Ситалл – стеклокристаллический материал, состоящий из одной или нескольких кристаллических фаз, равномерно распределенных в стекловидной фазе. Ситаллы имеют высокую прочность, твердость, химическую и термическую стойкость, обладают низким температурным коэффициентом расширения. Благодаря своим свойствам эти материалы нашли широкое применение во всех отраслях промышленности.

Введение в ситаллы различных добавок позволяет совершенствовать и улучшать их свойства.

Ситаллы, содержащие РЗЭ, широко используются в лазерной технике (например, Nd:YAG-лазер), сцинтилляционной технике, ядерной энергетике, ювелирной промышленности.

В промышленности образуется большое количество отходов переработки ситаллов, которые необходимо классифицировать, анализировать и, при необходимости перерабатывать.

Поскольку РЗЭ в ситаллах могут находиться в незначительных количествах, то для определения их содержания целесообразно использовать метод с низкими пределами обнаружения по РЗЭ.

ИСП-АЭС – это метод измерения излучения, испускаемого элементами в пробе, помещенной в индуктивно-связанную плазму. Важным достоинством является возможность экспрессного и одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций. Пределы обнаружения РЗЭ для большинства современных приборах составляют 0,0001 - 0,002 ppm [1].

Для определения РЗЭ в составе ситаллов методом ИСП-АЭС необходимо решить следующие задачи:

- 1) перевести ситаллы в раствор;
- 2) найти оптимальные условия анализа РЗЭ методом ИСП-АЭС и установить влияние матричных элементов на результаты анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин И.П., Мосичев В.И. / Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия. Ч. 2. М.: АНО НПО «Мир и Семья», 2002. С. 964.

ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЖИМА ЗАПУСКА МОДЕЛИ КАСКАДА ЭКСТРАКЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ИЗОТОПОВ ЛИТИЯ

Петренко А.Ю., Молоков П.Б.

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

Литий – относительно редкий элемент, рассеянный в коре Земли. Процессы его добычи и переработки являются дорогостоящими. В последнее время литий широко применяется, но, зачастую, его применение связано с изотопным составом. Литий-7 – природный изотоп лития, который благодаря низкому сечению захвата тепловых нейтронов, равному 0,033 барн [1], преимущественно используется в атомной промышленности.

Одним из способов обогащения изотопов лития является изотопный обмен, проходящий при экстракции краун-эфирами [2]. В случае экстракционного обогащения изотопа Li-7 во время экстракции ионы Li-6 преимущественно мигрируют в органическую фазу, образуя комплекс с краун-эфиром. Существует множество видов краун-эфиров. Основными факторами для подбора экстрагента являлись коэффициенты разделения и распределения. Учитывая комбинацию двух основных факторов в соотношении с ценой реагента, для проведения опытов был использован бензо-15-краун-5. Данный эфир имеет коэффициент распределения – 0,0071 [2] и высокий коэффициент разделения – 1,042 [2].

В данной работе имитируется модель рециркуляционной схемы пятиступенчатого каскада экстракторов. Для каждой ступени процесс проводился при установленной температуре и скорости перемешивания на установке по типу смесительно-отстойного экстрактора.

Полученные аликвоты водной фазы после каждой ступени были подвержены масс-спектрометрическому анализу на соотношение изотопов.

ЛИТЕРАТУРА

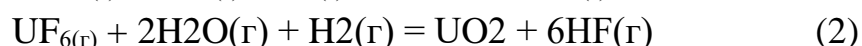
1. Плющев В.Е. Химия и технология редких и рассеянных элементов, ч. 1. / С.Б. Степина, П.И. Федоров; под. ред. К.А. Большакова – М.: «Высшая школа», 1976. – 368 с.
2. Lithium Isotope Enrichment: Feasible Domestic Enrichment Alternatives / T. Ault [and etc.] – М.: Department of Nuclear Engineering University of California, 2012. – 49 с.

ЗАКРЫТЫЙ ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА СНУП/МОКС ТОПЛИВА ИЗ ГФУ И ГАЗОФТОРИДНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

*Семенов С.С., Гузеев В.В., Циркунов П.Т., Калаев М.Е.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: svinks13@gmail.com*

В настоящее время идет оптимизация решений обливкового проекта ЗЯТЦ промышленного энергокомплекса на базе реакторов на быстрых нейтронах, в рамках которых рассматриваются пути уменьшения себестоимости продукции (топлива, твэл, ТВС).

Одним из вариантов уменьшения себестоимости продукции является создание универсальной плазмохимической технологии синтеза СНУП/МОКС топлива из отвального гексафторида урана по реакциям:



Данные реакции протекают в одну стадию в плазмохимическом реакторе, совмещённом с реактором дефторирования. При этом выделяется фтористый водород, который используется для переработки ОЯТ по модифицированной газофторидной технологии, разработанной ОАО «ВНИИХТ». Часть фтористого водорода используется для предварительного фторирования ОЯТ, после разборки ТВС и волоксидации топлива. Из другой части фтористого водорода получают фтор для последующего фторирования ОЯТ до летучих соединений урана и продуктов деления. Летучие соединения очищаются, разбавляются обеднённым ГФУ и направляются в плазмохимический реактор для получения рефабрицированного топлива.

Достоинства технологии:

- 1) уменьшается технологическая линия получения СНУП/МОКС топлива;
- 2) возможность контролировать дисперсность порошка СНУП-МОКС топлива, получаемого в плазмохимическом реакторе, что может обеспечить получение порошка сразу пригодного для прессования и последующего спекания;
- 3) обеспечивается переработка ГФУ и рецикл фтористого водорода;
- 4) уменьшается количество ЖРО.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЖАРОСТОЙКАЯ КРАСКА С НИЗКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ОСНОВЕ ГЛОБУЛЯРНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПУСТОСТЕЛЫХ ЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ

*Семенов С.С., Гузеев В.В., Циркунов П.Т., Калаев М.Е., Муслимова А.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: svinks13@gmail.com*

Во многих отраслях промышленности требуются высокие температуры, при которых у металла снижается прочность и уменьшается коррозионная стойкость, а другие конструкционные материалы и во все могут испортиться. В виду этого становится актуальной проблема защита материалов от высокой температуры и их теплоизоляции. Одним из методов такой защиты является покраска материалов термостойкими теплоизолирующими красками, которые обладают высокой сопротивляемостью к термическому воздействию, низкой теплопроводностью, сохраняют исходную структуру и свойства при высокой температуре, а также защищают металл от воздействия воды, пара и предотвращают коррозию.

Цель работы – разработать термостойкую краску с низкой теплопроводностью на основе наноструктурированного оксидного пигмента, содержащего полые нано- и микроскопические глобулы, для использования в качестве теплоизолирующего защитного материала.

Принципиально краска состоит из 2 компонентов: высокотемпературной связки и наноструктурированных модификаторов теплопроводности.

Связка позволяет краске работать при высокой температуре, вплоть до 2000 °С (в зависимости от состава краски), при повышении рабочей температуры связка вспучивается, что может дать дополнительную защиту в некоторых ситуациях. Низкая теплопроводность краски достигается добавлением наноструктурированного полого глобулярного пигмента, который получается на основе оксидов магния, циркония, титана. Использование определенных оксидов (бора, свинца, бериллия) позволяют повысить радиационную устойчивость краски, кроме того глобулярные частицы способны частично рассеивать рентгеновское излучение, что также благоприятно сказывается на радиационную устойчивость краски.

В настоящее время были получены опытные образцы краски и проверены их физические характеристики.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА СВЧ-ДЕНИТРАЦИИ УРАНИЛ НИТРАТА

*Ушаков А.О., Петровская А.С., Ожерельев О.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: su96.su96.su96@mail.ru*

С истощением природных запасов урана в современном мире наиболее актуальной из задач является поиск альтернативных источников топлива и совершенствование уже существующих технологий. В связи с этим дальнейшее освоение и совершенствование метода СВЧ-нагрева для переработки уранового сырья выходит на иной уровень.

Метод СВЧ-денитрации имеет ряд преимуществ и особенностей перед другими методами денитрации (плазмохимическая, электротермическая и т.д.).

Особенностью данного метода является то, что в аналогичных методах при выпаривании жидкой фазы $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ вместо классической схемы протекания процесса, имеющей вид $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, наблюдается преобразование по типу $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{UO}_2(\text{OH})\text{NO}_3$, что оказывает непосредственное влияние на процесс денитрации уранил нитрата и его кинетику ввиду изменения исходного реагента для получения оксидов урана. [1]

Микроволновая термоденитрация обеспечивает всеобъемлющий прогрев образца (в данном случае уранил нитрата) с образованием пористой структуры, что положительно сказывается на дальнейшем его использовании в качестве исходного вещества для получения диоксида урана и производстве топливных таблеток на его основе.

Данные особенности позволяют совершенно точно утверждать, что использование СВЧ-денитрации в атомной промышленности в настоящее время имеет весомый потенциал, в том числе в технологии замкнутого ЯТЦ ввиду возможности рециркуляции урана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулюхин С.А., Каменская А.Н. Механизм разложения смеси $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ под действием микроволнового излучения. Часть 2 // Радиохимия. — 2009. — Т. 51, № 5.
2. Ванецев А.С. Микроволновый синтез простых и сложных металлооксидов из солевых прекурсоров // Диссертация на соискание ученой степени. Москва 2004.
3. Vukov Yu.V., Rybakov K.I., Semenov V.E. High-temperature microwave processing of materials // J. Phys. D: Appl. Phys. V. 34.2001.

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СНУП-ТОПЛИВА НА МОДУЛЕ ФАБРИКАЦИИ-РЕФАБРИКАЦИИ ОПЫТНО- ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА

Федоров М.С.^{1,2}, Бердников А.В.¹, Зозуля Д.В.¹,
Жиганов А.Н.², Ненуженко М.С.²

¹АО «СХК», г. Северск, Томской обл., ул. Курчатова, 1

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: maxwin1@list.ru

Опытнo-демонстрационный энергокомплекс (далее – ОДЭК) предназначен для отработки и демонстрации технологии замыкания ядерного топливного цикла (далее – ЗЯТЦ) для дальнейшей реализации в индустриальном масштабе, одним из ключевых моментов которого является отработка технологических процессов фабрикации, рефабрикации и переработки топлива для реакторов на быстрых нейтронах.

На базе модуля фабрикации-рефабрикации (далее – МФР) создан участок технологического сопровождения, который будет использоваться для следующих целей:

1. технологическое опробование исходных материалов, предназначенных для изготовления таблеточного СНУП-топлива;
2. технологическое сопровождение основного производства МФР (технологических процессов карботермического синтеза порошков, процессов спекания и прессования таблеток) с целью оптимизации технологических режимов и параметров основного технологического процесса;
3. совершенствование технологических процессов изготовления СНУП-топлива и разработка технологических процессов изготовления СНУП-топлива с улучшенными характеристиками.

Отработки подлежат следующие параметры:

1. оптимизация режимов смешивания-измельчения;
2. оптимизация параметров карботермического восстановления и спекания таблеток;
3. параметры прессования исходных компонентов, смесей оксидов и нитридов урана и плутония;
4. разработка технологических режимов при переходе на новые виды топлива
5. отработка режимов вовлечения брака в основную технологию МФР.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДИОКСИДА ТИТАНА

Хорохорин В.С.¹, Молоков П.Б.¹, Макасеев А.Ю.², Мурлышев А.П.²

¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,

636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,

²АО «СХК», 636039, г. Северск Томской обл., ул. Курчатова, 1,

e-mail: VadimKhorokhorin@yandex.ru

Поверхностная обработка двуокиси титана производится для уменьшения фотохимической активности материала, а также улучшения целого ряда пигментных и малярных свойств (разбеливающая способность, укрывистость, интенсивность, маслосъемкость, диспергируемость).

Фотохимическую активность пигментов можно снизить путём создания для рекомбинации генерированных светом дырок и электронов до их вовлечения в поверхностные химические реакции, т.е. созданием адсорбционных слоёв, способных захватывать электроны и дырки без образования реакционноспособных радикалов.

Адсорбционные слои (модификаторы) представляют собой неорганические соединения Al, Zn, Si, Zr, которые в форме гидроксидов осаждают на поверхность частиц TiO₂ после гидроклассификации.

В процессе транспортировки и хранения материал подвержен слёживаемости. После микроразмола в процессе производства частицы TiO₂ имеют размер 0,2-0,35 мкм, но дойдя до потребителя требуют дополнительной подготовки из-за появления комков. Модификаторы образуют плёнки, которые препятствуют слёживаемости пигмента при транспортировке и хранении.

Модифицирование и поверхностная обработка позволяет снизить содержание микропримесей, которые способствуют окислению связующего и плёнообразующего материала, тем самым замедлив процесс окисления и разрушения плёнки.

Из анализа зарубежных марок двуокиси титана следует, что поверхностная обработка большей частью проводится гидроокисью алюминия Al(OH)₃ и жидким стеклом (Na₂O·nSiO₂), или смесью гидроокиси алюминия, циркония и жидкого стекла. При осаждении реагентов в таком сочетании можно избежать потерь солей и произвести их полное осаждение. Целесообразно и технологически выгодно производить осаждение гидроокиси алюминия на поверхности частиц TiO₂ при pH от 5,2 до 7,8 в присутствии жидкого стекла.

ВЛИЯНИЕ БОРОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ОГНЕУПОРНОГО ШАМОТА

Шайдуллин С.М.^{1,2}, Козлов П.В.^{2,3}, Ремизов М.Б.², Жиганов А.Н.¹

¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,

²ФГУП «Производственное объединение «Маяк»,
456784, г. Озерск, Челябинской обл., пр. Ленина, 3,

³Озерский технологический институт НИЯУ МИФИ,
456783, г. Озерск, Челябинская обл., пр. Победы, 48,

e-mail: cpl@po-mayak.ru

Тенденция использования стекла в качестве матрицы, включающей в себя продукты деления и актиноиды, сформировалась к началу 80-х годов и до сих пор усилия многих ученых, работающих в сфере обращения с радиоактивными отходами, направлены на совершенствование этого метода.

Перспективность использования стекла в качестве иммобилизирующей матрицы обусловлена высокой способностью включать в свой состав элементы независимо от заряда и размера их атомов и стойкостью к радиационному повреждению. Метод остекловывания обеспечивает перевод жидких ВАО в стеклообразное состояние с последующим безопасным и длительным хранением. В настоящее время промышленные установки по остекловыванию ВАО работают в России, США, Франции, Великобритании, Германии и Японии. Функционируют они с применением двух технологий остекловывания – в электропечах прямого электрического нагрева и в индукционных печах. Наиболее распространенной, отработанной и производительной является первая технология.

В качестве огнеупорного материала печи, в которой происходит процесс варки стекла, используются огнеупорные материалы. Эти элементы изготавливают из огнеупоров с высокой коррозионной устойчивостью. Коррозионная стойкость огнеупорных материалов зависит в первую очередь от температуры варки и состава расплавленной стекломассы. На отечественных печах и зарубежных предприятиях в ваннах электрических печах для иммобилизации отходов высокого уровня активности используют в основном боросиликатные и алюмофосфатные стекла [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ожован М.И. Применение стекол при иммобилизации радиоактивных отходов / М.И. Ожован, П.П. Полуэктов // Безопасность окружающей среды. – 2010. - №1. – С. 112-114.

РАЗДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПОВ ГЕРМАНИЯ В КАСКАДЕ ГАЗОВЫХ ЦЕНТРИФУГ

*Шинкевич Р.А., Орлов А.А.
НИ Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail: ShinkevichRA@yandex.ru*

Для исследования закономерностей нестационарного разделения изотопов германия в каскаде газовых центрифуг при заполнении его рабочим веществом и накоплении изотопов до стационарных значений при практически неизменных гидравлических параметрах каскадов была использована математическая модель [1]. В процессе исследования проводилось численное моделирование нестационарного процесса разделения изотопов германия в каскаде газовых центрифуг постоянной ширины при его заполнении рабочим веществом, и определялась динамика концентрации его изотопов в потоках легкой и тяжелой фракций каскада.

В результате исследования показано, что в процессе заполнения происходит разделение изотопов германия. После заполнения каскада изотопы германия распределяются по ступеням каскада в соответствии с их массовыми числами. Наибольшее изменение концентрации изотопов германия имеет место на конечных ступенях каскада, наименьшее – вблизи ступени подачи потока питания. Результаты численного моделирования разделения изотопов германия хорошо согласуются с данными других авторов для случая, когда гидравлические параметры каскада соответствуют стационарным. Характер изменения концентрации изотопов германия в ходе нестационарного процесса зависит от начального состояния каскада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А. А., Ушаков А. А., Совач В. П. Математическая модель нестационарных гидравлических процессов, протекающих в каскаде газовых центрифуг при разделении многокомпонентных изотопных смесей. Альтернативная энергетика и экология. 2015. Т. 23, № 187. С. 45–50.

*Секция
Автоматизация и цифровизация установок и производств атомной
отрасли*

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ

Адонин Н.Р., Щипков А.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: d273anr@edu.ssti.ru*

Установки погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) являются неотъемлемыми технологическими агрегатами при добыче полезных ископаемых скважинными методами. Однако из-за тяжелых условий эксплуатации асинхронные двигатели в составе УЭЦН требуют повышенного внимания к допустимым режимам их работы. Кроме того, высокая стоимость насосных установок, как и конечного продукта, говорит о важности их эффективного использования, продления срока службы. К сожалению, базовая автоматизация добычных скважин часто не справляется с указанными проблемами на желаемом уровне, поскольку набор параметров, должных быть учтенными оператором для осуществления наиболее адекватных управляющих воздействий, весьма сложен (несмотря на свою доступность), а алгоритмы принятия решений отнюдь не так очевидны.

В настоящей работе задача повышения эффективности эксплуатации УЭЦН рассмотрена на примере уранодобывающего предприятия. Так, в отношении насосного оборудования добычного блока предлагается внедрить информационно-управляющую систему (ИУС), которая будет интегрирована с уже существующей системой управления и сбора данных. Место будущей ИУС в общем комплексе автоматизации затронет уровни тактического и оперативного управления и контроля. Собственно ИУС полагается состоящей из трех функциональных модулей следующего назначения: интеллектуальный мониторинг параметров насосов, выбор наиболее эффективных режимов их работы и анализ технического состояния привода. В качестве основного потока входящих данных для ИУС выступают архивируемые в реальном времени параметры технологического процесса, оборудования и состояния технических средств. Функции ИУС на начальных этапах внедрения будут осуществляться через человека в режиме диалога.

В результате работы обоснована необходимость внедрения ИУС, сформированы архитектура и требования к системе, составлено ТЗ на ее разработку. Также рассмотрены подходы к реализации системы, включая алгоритмы работы, программное обеспечение, стратегии взаимодействия с пользователем и с другими системами.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСТЫВАНИЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ИЗЛОЖНИЦЕ

Ан Е.Д., Брендаков В.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,

E-mail: zheka_961996@mail.ru

Одним из основных производственных процессов при изготовлении металлических изделий является литье расплавленного металла в форму и его дальнейшее охлаждение. Известно, что микроструктура затвердевших отливок и их эксплуатационные свойства могут зависеть от исходной структуры материалов, а также от тепловых режимов нагрева, расплавления, скоростей охлаждения и затвердевания расплава. [1].

В работе рассматривается процесс перелива жидкого металла из тигля в изложницу. Созданная математическая модель расчета гидродинамики и теплопереноса учитывает зависимость основных теплофизических свойств рассматриваемой среды от локального значения температуры. Таким образом, сделана попытка учесть влияние переменного поля температур на характер течения и остывания жидкого металла. [2].

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} \right),$$

$$\frac{\partial U_y}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_y}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_y}{\partial y} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 U_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_y}{\partial y^2} \right),$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + U_x \frac{\partial \theta}{\partial x} + U_y \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{1}{Re \cdot Pr} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right),$$

$$\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} = 0, Re = f_1(\theta), Pr = f_2(\theta).$$

Построенная математическая модель решалась численно с использованием метода конечных разностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкая сталь/Б. А. Баум, Г. А. Хасин, Г. В. Тягунов и др. – М.: Metallurgy, - 1984. – 208с.
2. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах/ В. Е. Зиновьев – М.: Metallurgy – 1989. - 311с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕМ

*Боржигон Е.В., Антонов В.П., Коломин В.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: katrinerussia@gmail.com*

Пароперегреватель – устройство, предназначенное для перегрева пара, то есть повышения его температуры выше точки насыщения. Перегретый пар применяется для питания турбин различных установок.

Для получения, перегретого пара применяют различные теплообменники, процессы которых регулируются автоматизированными системами управления. Требования к таким системам подчиняются показателям, необходимым для технологического процесса. Таким образом, разработанная автоматизированная система должна не только поддерживать рабочее состояние технологической установки, но и корректно действовать в случае аварийной ситуации.

Установка пароперегревателя должна поддерживать рабочее состояние внутренних конструкций по причине высокого давления и температур, необходимых для получения перегретого пара.

Актуальностью разработки автоматической системы управления пароперегревателем является возможность контролировать полученный перегретый насыщенный пар для запуска и продления продолжительности эксплуатации турбин снабжения электропитанием основного производства вследствие снижения коррозионных повреждений. Поддерживание управления питательной водой, используемой в технологическом процессе, не только охладит дымные газы и поспособствует их безопасному выходу в атмосферу, но и в нагретом состоянии после прохождения через установку позволит уменьшить экономические затраты для последующего нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара барабанного котла [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://viviophica.com/articles/power/636511/1> (дата обращения 26.10.2019).
2. Система автоматического регулирования температуры перегретого пара барабанного котла [Электронного ресурс] Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/262/2620612.html> (дата обращения 26.10.2019).

КОНЦЕПЦИЯ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЕРОРАЛЬНЫХ ДОЗ

*Бугрина В.С., Истомина Н.Ю., Истомин А.Д., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: vbugrina@mail.ru*

Проблема радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды является ключевой при реализации программы развития атомной энергетики. При решении задач радиационной безопасности важное место занимает прогнозная оценка радиационной обстановки в районах расположения объектов ядерно-топливного цикла. В СТИ НИЯУ МИФИ разработан программный комплекс «АРИА» [1], предназначенный для оценки радиационной обстановки на окружающую среду объектов атомной энергетики. В настоящее время моделирующая система программного комплекса содержит блоки: расчета распространения радионуклидов в приземном слое атмосферы и расчета эквивалентных доз, обусловленных прямым путем воздействия ионизирующего излучения на человека. Вместе с тем существует также возможность формирования дозы при употреблении в пищу продуктов, произведенных на территориях, расположенных в зоне влияния объектов ядерно-топливного цикла. Таким образом, разработка концепции и численной реализации программного модуля, предназначенного для расчета пероральных доз, является актуальной.

В докладе представлены структура и принципы взаимодействия уже разработанных систем комплекса «АРИА» и программного модуля для расчета индивидуальных пероральных доз. Выяснено, что внедрение в программный комплекс нового модуля будет сопряжено с модификацией цифровых моделей реципиентов радиационного риска, модулей общения геоинформационной и экспертно-аналитической систем, модуля управления данными моделирующей системы, базы данных параметров расчета дозовых нагрузок. Разработанная концепция будет являться базовой для численной реализации программного модуля расчета пероральной дозы, дополняющего программный комплекс «АРИА».

ЛИТЕРАТУРА

1. Носков, М.Д. и др. Геоинформационный экспертно-моделирующий комплекс «АРИА» для оценки последствий выбросов радиоактивных веществ в атмосферу / М.Д. Носков, А.Д. Истомин, Н.Ю. Истомина, А.А. Чеглоков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613014 от 14.04.2011.

СОЗДАНИЕ СТЕНДА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ ПЛК «ОВЕН»

Вебер Д.А., Иванов К.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: d275vda@edu.ssti.ru, KAivanov@mephi.ru*

Целью данной работы является создание стенда программно-аппаратного моделирования с использованием программного комплекса Matlab с аппаратной платформой OWEN.

Программно-аппаратное моделирование (ПАМ, англ. hardware-in-the-loop simulation) актуальный метод в технических науках, для разработки и испытаний сложных встроенных систем реального времени. ПАМ предоставляет эффективную платформу, за счёт сложной системы взаимодействия программной и аппаратной части. Сложная система взаимодействия присутствует на этапе тестирования и разработки, так как добавлено математическое представление всех связанных динамических систем. Это математическое представление называют «программной моделью». Встроенная система взаимодействует с программной моделью и позволяет тестировать её.

Первым этапом создания лабораторного стенда программно-аппаратного моделирования был этап конфигурации аппаратной платформы, на которой развернётся программная модель. Для этого был смонтирован учебный шкаф, ключевыми узлами, которого являются: ПЛК ОВЕН, частотный преобразователь, асинхронный двигатель. Результатом работы первого этапа создания лабораторного стенда программно-аппаратного моделирования стала реализация аппаратной платформы для развёртывания программной модели.

В дальнейшем планируется провести испытания по сопряжению программного комплекса Matlab с аппаратной платформой OWEN стандартными средствами последовательного интерфейса (COM), а также альтернативным решением по средствам OPC-сервера.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО БЛОКА СПОСОБОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Гончарова Н.А., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г.
Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail:aleksandrovad270@mail.ru*

Одной из важных задач повышения эффективности отработки эксплуатационных блоков способом скважинного подземного выщелачивания является оптимизация работы блока – добурирование новых скважин, изменение количества работающих скважин, составов и объемов растворов. При принятии решения о выборе оптимизационных предложений необходимо учитывать не только массу добытого урана, но и другие геотехнологические показатели, и влияние их на экономическую составляющую процесса скважинного подземного выщелачивания. Для оценки экономических показателей отработки блоков целесообразно использовать специализированную информационно-моделирующую экономическую систему (ИМЭС). Работа ИМЭС основана на экономико-математической модели, которая учитывает влияние эксплуатационных и капитальных расходов на себестоимость готового продукта.

В ходе работы было рассмотрено применение ИМЭС для оценки эффективности оптимизационного предложения по добурированию новых технологических скважин на эксплуатационном блоке Далматовского месторождения. Было предложено дополнить эксплуатационный блок новыми технологическими скважинами, выбраны режимы и составы выщелачивающих растворов. С помощью ИМЭС была рассчитана себестоимость готового продукта и другие финансово-экономические показатели. По результатам расчетов было принято решение о применении оптимизации на геотехнологическом предприятии.

Таким образом, применение ИМЭС на геотехнологическом предприятии по добыче урана позволит выбрать экономически-эффективное предложение оптимизации работы блоков, благодаря детальному анализу структуры дополнительных затрат и выявления неэффективных расходов.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПЕРЧАТОЧНЫХ БОКСОВ

Дягилев В.В.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: hyundai-16@mail.ru*

В настоящее время в связи со строительством реактора нового типа БРЕСТ-ОД-300 существует необходимость в разработке технологии экспериментального и опытно-промышленного производства плотного уран-плутониевого топлива. Процесс наработки опытных образцов топлива производится в каскадах герметичных радиационно защищённых перчаточных боксов. Одним из важнейших параметров боксов является их герметичность.

В связи с этим существует потребность в разработке автоматической системы контроля герметичности перчаточных боксов.

Радиационно-защищённые перчаточные боксы предназначены для проведения технологических процессов, требующих ручных манипуляций при невозможном прямом контакте человека с продукцией в специальной, поддерживаемой атмосфере внутри боксов.

Работа автоматической системы основана на манометрическом методе контроля герметичности и математическом законе, описанном в ГОСТ Р 50.05.01-2018.

Автоматический контроль позволит своевременно обнаружить возможную не герметичность и избежать работы в аварийном режиме, не выгружая сырьё и не стравливая рабочую атмосферу из бокса. Это позволит не допустить контакта персонала с радиоактивными элементами, исключит возможное протекание процесса с нарушением состава инертной среды, поддерживаемой внутри бокса, не допустит повышенного расхода составных частей среды и позволит сэкономить время из-за отсутствия необходимости разгружать боксы и подготавливать их к проверке.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 50.05.01 – 2018. Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Контроль герметичности газовыми и жидкостными методами. – Введ. 2018-02-02. – Москва: Госстандарт России : Стандартиформ, 2018. – 46 с.
2. Левина Л.Е. Методы и аппаратура контроля герметичности вакуумного оборудования и изделий приборостроения / Л.Е. Левина, В.В. Пименов. – М.: Машиностроение, 1985. – 72 с.

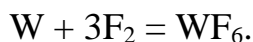
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФТОРИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛЬФРАМА

Журавлев А.А., Брендаков В.Н.

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: alex_z_230796@mail.ru*

Производство уникальных изделий и покрытий из вольфрама в ряде случаев возможно только при использовании процесса восстановления гексафторида вольфрама водородом. Необходимый для этого исходный материал готовят фторированием вольфрама фтором с последующей конденсацией полученного газообразного продукта [1].

Процесс фторирования металлического вольфрама осуществляется в соответствии с химической реакцией, представленной формулой



Для описания процесса фторирования порошкообразного металлического вольфрама элементарным фтором записаны системы уравнений Навье-Стокса, переноса теплоты и вещества при наличии гетерогенной реакции на поверхности рабочей зоны химического реактора. Для более полного использования фтора при химической реакции задается очень малая скорость его перемещения по реактору. Однако плотность смеси существенно изменяется за счет изменения концентраций компонентов смеси вследствие протекания химической реакции. Поэтому в работе сделано допущение, что плотность является переменной, но зависящей только от концентраций компонентов смеси.

Для решения систем дифференциальных уравнений, типа уравнений переноса скалярной транспортабельной субстанции, в работе использовалась неявная двухслойная схема переменных направлений, предложенная Дугласом и Ганом, и записанная в «дельта» форме [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ю. М. Экологически чистый фторидный передел в технологии вольфрама. Обоснование технологического цикла с кругооборотом фтора и водорода // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2016. № 6. С. 29 – 41.
2. Douglas J. A general formulation of alternating direction implicit methods. Part 1: Parabolic and hyperbolic problems / J. Douglas, J.E. Gunn // Numerische Math. – 1964. – В. 6. – S. 428–453.

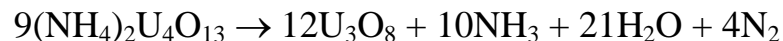
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИУРАНАТА АММОНИЯ

Ким В.В., Брендаков В.Н.

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36*

E-mail: valeriyakim705@gmail.com

Изучение процесса термической диссоциации шестивалентного гидрата имеет большое практическое значение. Уранилнитраты диссоциируют в барабанной печи. Барабанная печь представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат, внутри которого происходит эндотермическая реакция термического разложения полиуратов аммония до образования закиси-окиси урана [1].



Распределение температуры внутри прокалочной печи описывается уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + V_r \frac{\partial T}{\partial r} + V_z \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right).$$

При решении данной задачи были учтены дополнительные источники тепла. Дополнительные источники тепла представляют поток тепла, получаемый при подогреве стенки аппарата и тепло, поглощаемое уранилнитратом вследствие эндотермического характера химической реакции его разложения.

Построенная математическая модель решалась численно с использованием метода конечных разностей [2].

Оценка степени термического разложения полиуратов аммония показала возможность оптимизации процесса получения закиси-окиси урана. Выполнен первый и второй этап математического моделирования процесса термического разложения полиуратов аммония в барабанной печи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zhiganov A., Lobas O., Pishchulin V., Mironov V. Thermal decomposition of $(\text{NH}_4)_2\text{U}_4\text{O}_{13}$ // Vth Korea_Russia Intern. Symp. on Science and Technology Proceeding (KORUS 2001). June 26–July 3.2001. – Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2001. – V. 2. – P. 165–167.
2. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ШУМОВ И ФИЛЬТРАЦИЯ ЭКГ СИГНАЛА

Кучин Д.И., Иванов М.Л.

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

Результаты практических измерений, которые используются в методах цифровой обработки сигналов, содержат полезный сигнал на фоне различного рода помех, при этом спектр помех представлен по всему интервалу частотного диапазона и наложен на спектр полезного сигнала. В этих условиях решается задача реализации оптимальных фильтров, которые позволяют с высокой вероятностью производить обнаружение сигнала, эффективно выделять сигнал на фоне помех или снижать уровень помех без существенного искажения сигнала.

Так как электрокардиограмма представлена набором последовательных кардиоциклов, содержащих зубцы с неодинаковыми длительностями, то для их наилучшего выделения на фоне помех требуется смоделировать фильтры с различными частотами среза [1].

Для поиска оптимальной фильтрации ЭКГ сигнала в пакете прикладных программ Matlab разработан модуль, в котором реализовано моделирование случайных шумов по амплитуде и частоте, а также алгоритм интеграции коэффициентов фильтров с помощью формулы рекурсивного цифрового фильтра четвертого порядка и разностного уравнения. Проектирование и расчет коэффициентов фильтров производился в программе Matlab с использованием дополнительных программных пакетов и встроенных функции. Из-за эффекта временного сдвига сигнала после фильтрации в работе использовалась двунаправленная фильтрация, которая убирает влияние данного эффекта, но требует перерасчета частоты среза фильтров.

Разработанный модуль в программе Matlab осуществляет моделирование случайных шумов и оптимальную фильтрацию для выделения зубцов в кардиоцикле на фоне случайных помех.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов М.Л. Разработка и исследование электрокардиографического аппаратно-программного комплекса на наносенсорах для регистрации микропотенциалов сердца в реальном времени без усреднения и фильтрации: дис. канд. техн. наук: 05.11.17. – Томск, 2015. – 258 с.

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ: ОБНАРУЖЕНИЕ УГРОЗ И ЗАЩИТА

Мазуров Д.С., Попова И.Г.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: ds.masurov@gmail.com*

Заявленная Росатомом стратегия на цифровизацию атомной отрасли заставляет в числе многочисленных вопросов выделить вопросы, связанные с кибербезопасностью.

Для начала стоит сказать об информационной безопасности. Этот термин понимается, как состояние защищенности информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники или автоматизированной системы, от внутренних или внешних угроз.

Понятие «кибербезопасность» несколько отличается от безопасности информации широтой охвата. Во втором случае подразумевается защищенность только информации, то есть, например, кража информации, её замена, нарушение порядка ее обработки или передачи. Исправная кибербезопасность в среде атомных станций в первую очередь значит, что весь технологический процесс под защитой.

Происхождение киберугроз может быть как техногенным, так и антропогенным. То есть угрозы такого характера с легкостью могут повлиять на любое из трех основных свойств информации и информационных систем, лежащих в основе АЭС (доступность, целостность и конфиденциальность) Получается, что угроза может исходить как и от влияния человека на какие-либо части ядерной инфраструктуры, так и от влияния программного или аппаратного обеспечения.

Актуальна ли данная тема сегодня? Стоит ли развивать и постоянно совершенствовать системы кибербезопасности ядерных объектов? Непременно! Ведь этот раздел непосредственно связан с возрастающей ролью компьютерных технологий в управлении технологическими процессами АЭС и системами безопасности. Еще одним аргументом в пользу изучения и совершенствования систем кибербезопасности можно назвать уже состоявшиеся кибератаки. Например, червь Slammer, обрушивший в 2003 году корпоративную сеть АЭС в Огайо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукацкий А.В. Кибербезопасность ядерных объектов: Российский журнал о международной безопасности «Индекс безопасности». 2015. Том 21. № 4 (115).

МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ЗА СЧЁТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ПРОИЗВЁДЕННЫХ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС

Никитин А.В., Истомина Н.Ю.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036,
г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail:nikitin-sasha2000@mail.ru*

Комплексная оценка радиационной обстановки включает в себя расчет дозовых нагрузок на человека, обусловленных прямым и непрямым путями воздействия радионуклидов, находящихся в приземном слое атмосферы. Учёт непрямого пути воздействия предполагает расчет дозы, формируемой при употреблении продуктов питания, произведенных на близлежащей территории.

В докладе представлена модель расчёта дозы внутреннего облучения за счёт потребления продуктов питания, произведённых в районе расположения АЭС. В модели учитывается активность радионуклидов, сухое осаждение, вымывание радионуклидов осадками, объёмы годового потребления различных продуктов человеком, а также потери радионуклидов в процессе кулинарной обработки и хранения. В качестве начальных данных для расчета пероральной индивидуальной дозы были взяты данные массива активности радионуклидов на поверхности, полученных с помощью программного комплекса «АРИА» [2]. Внутренне облучение за счёт потребления продуктов питания (овощи, молоко, мясо), содержащих радиоактивные вещества вследствие выпадения из атмосферы, вычисляются по формуле:

$$H^{\text{пищ}}(x; y) = A(x; y) \cdot U^{\text{пищ}} \cdot R^{\text{пищ}},$$

где $A(x; y)$ – активность радионуклидов на поверхности в точке с координатами $(x; y)$; $U^{\text{пищ}}$ – потребление различных овощей, молока, мяса; $R^{\text{пищ}}$ – дозовый коэффициент при поступлении радионуклида с пищей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с;
2. Носков, М.Д. и др. Геоинформационный экспертно-моделирующий комплекс «АРИА» для оценки последствий выбросов радиоактивных веществ в атмосферу / М.Д. Носков, А.Д. Истомин, Н.Ю. Истомина, А.А. Чеглоков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613014 от 14.04.2011.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В КАРДИОЦИКЛЕ

Полякова А.С., Иванов М.Л.

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

В различных сферах деятельности людям приходится работать с электрическими сигналами. При исследовании сигнала часто возникает проблема, связанная с помехами и шумами, что влияет на качество получаемых данных.

Для повышения точности анализа сигналов требуется разработка оптимального алгоритма обработки данных и детектирования опорных точек элементов кардиоцикла [1].

Исследование проводилось в пакете прикладных программ Matlab, где был создан модуль, который способен анализировать кардиоцикл электрокардиограммы, представленной дискретным сигналом.

Детектирование элементов кардиоцикла осуществлялось с помощью обнаружения опорных точек, определяющих зубец: вершина, начало и конец. Методология определения местоположения опорных точек состоит в использовании производной функции первого порядка, которая в окрестностях экстремума меняет свой знак. Это свойство производной дает возможность определить нахождение зубца кардиосигнала на временной шкале.

В результате анализа электрокардиограммы формируется массив с временными координатами опорных точек. Помехоустойчивость алгоритма определяется через сравнение полученных данных и эталонной модели, где изначально отсутствует шум.

Разработан оптимальный алгоритм детектирования элементов кардиоцикла, который устойчив к определенной процентной доле шумов в сигнале. Данный алгоритм может быть применен к реальным сигналам, зарегистрированным с помощью электрокардиографа, где уровень шумов находится в границах помехоустойчивости алгоритма детектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов М.Л. Разработка и исследование электрокардиографического аппаратно-программного комплекса на наносенсорах для регистрации микропотенциалов сердца в реальном времени без усреднения и фильтрации: дис. канд. техн. наук: 05.11.17. – Томск, 2015. – 258 с.

РАДИАЦИОННЫЙ РИСК, ОБУСЛОВЛЕННЫЙ ДОЛГОЖИВУЩИМИ РАДИОНУКЛИДАМИ НА ПОВЕРХНОСТИ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ АЭС

Попова К.Е., Истомина Н.Ю.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: ksenya.ksenia.popova@mail.ru*

В настоящее время значительная часть мировой электроэнергии вырабатывается АЭС. Процесс производства электроэнергии сопряжен с попаданием в приземный слой атмосферы долгоживущих радионуклидов, с последующим их оседанием на подстилающую поверхность района расположения АЭС. Таким образом, расчет радиационного риска, обусловленного долгоживущими радионуклидами, является актуальной задачей.

На данный момент, существует множество программных средств и методик, позволяющих наиболее эффективно оценивать радиационные риски [1]. В данной работе задача расчета радиационного риска, обусловленного долгоживущими радионуклидами на поверхности района расположения АЭС, проводилась с помощью геоинформационного экспертно-моделирующего комплекса (ГИМЭК) «АРИА» [2]. Исходными данными для расчета радиационного риска являлись: радионуклидный состав годового поступления активности в атмосферу при штатной эксплуатации АЭС, параметры источника, годовая роза ветров и данные о численности населения в районе расположения АЭС. Результаты моделирования были использованы для определения годовой дозы D_i от долгоживущих радионуклидов, осевших на поверхность i -ого населенного пункта. Радиационный риск R_i , формируемый дозой D_i , определялся следующим образом:

$$R_i = r_{\text{нас}} \cdot N_i \cdot D_i,$$

где $r_{\text{нас}} = 0,073 \text{ чел} \cdot \text{Зв}^{-1}$ – коэффициент риска для населения;
 N_i – численность населения i -ого населенного пункта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы расчета распределения радиоактивных веществ в атмосфере и доз облучения населения. НТД МХО. - М., 1992 – 333 с.
2. Носков М.Д. и др. Геоинформационный экспертно-моделирующий комплекс «АРИА» для оценки последствий выбросов радиоактивных веществ в атмосферу / М.Д. Носков, А.Д. Истомин, Н.Ю. Истомина, А.А. Чеглоков // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613014 от 14.04.2011.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙТРОННО - ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕАКТОРЕ БРЕСТ-300-ОД

*Правосуд С.С., Иванов К.А., Бадретдинов Т.Х.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: sspravosud@gmail.com*

БРЕСТ-300-ОД - российский проект быстрого реактора естественной защиты со свинцовым теплоносителем, реализуемый на площадке АО «СХК». В рамках подготовки специалистов для работы с данным типом реакторов, стоит задача реализации тренажера на базе кафедры Электроники и автоматики физических установок Северского технологического института НИЯУ «МИФИ», который в достаточной степени отражал поведение реактора при различных режимах работы.

Аналитические тренажеры, реализуемые на ПК, не содержат аппаратуры, требующей постоянного обслуживания. Они дают возможность провести эксперименты различных переходных процессов и сформировать навыки работы персонала на АЭС.

В рамках текущего исследования в математических пакетах MathCad и MATLAB были смоделированы кинетика реактора, а также динамика реактора со сосредоточенными параметрами. Аналитически получена передаточная функция реактора «нулевой» мощности и передаточная функция реактора при учете внутреннего теплового контура.

В дальнейшем планируется постепенное усложнение модели и создание полноценного аналитического тренажера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов И. А. Аварийные и переходные процессы в быстрых реакторах. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Дементьев Б. А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Селезнев Е. Ф. Кинетика реакторов на быстрых нейтронах. – Ин-т проблем безопасности развития атомной энергетики, 2013.
4. Вольман М. А. Имитационное моделирование нейтронно – физических и теплогидравлических процессов в реакторах ВВЭР-1000. – Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2017.

РАСЧЕТ СПЛОШНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ Д.Л. БРОДЕРА

Правосуд С.С.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: sspravosud@gmail.com*

Использование радиоактивных веществ сопряжено с опасностью воздействия на организм человека ионизирующей радиации. В результате несоблюдения мер радиационной безопасности могут возникнуть непосредственные и отдаленные последствия. Поэтому при использовании радиоактивных веществ принимают меры, предохраняющие от излишнего облучения людей извне, а также от проникновения радиоактивных веществ внутрь организма и внутреннего облучения. Поскольку γ -лучи по сравнению с α - и β -излучением обладают наибольшей проникающей способностью, при расчетах защиты от внешнего облучения прежде всего рассчитывают защиту от γ -излучения.

Главной задачей исследовательской работы является расчет параметров ионизирующего излучения от точечного источника Цезия-138 массой порядка 100 граммов и защиты от этого излучения сплошной гетерогенной барьерной защитой, состоящей из свинца, железа и алюминия.

В ходе работы были определены наилучшие параметры защиты, а также автоматизирована система перерасчета в зависимости от кратности ослабления и толщины защитного экрана. Полученные данные свидетельствуют, что данная защита удовлетворяет НРБ 99/2009 для персонала категории А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродер Д.Л. Расчет факторов накопления γ -излучения в гетерогенных средах, «Атомная энергия», 1962.
2. Аксенов В.А. Гамма – излучение Цезия - 139, «Атомная энергия», 1962.
3. Беспалов В.И. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита (4 -е издание) ,Университеты России, 2018.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКГ СИГНАЛА

Савенко А.В., Иванов М.Л.

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

Для проведения научных исследований, связанных с цифровой обработкой сигналов, требуется программное обеспечение, в котором используется большое количество алгоритмов, предназначенных для анализа сигналов. Данное программное обеспечение должно быть не только автоматизированным, но и иметь высокую скорость вычислений и удобство работы с интерфейсом программы [1].

Для выполнения вышеперечисленных условий при создании программного обеспечения был выбран высокоуровневый язык программирования Python [2], который активно развивается и пользуется большой популярностью у современных программистов.

Использование технологии объектно-ориентированного программирования позволило оптимизировать программу, в которой реализовано: моделирование ЭКГ сигнала и случайных шумовых помех, фильтрация сигнала, детектирование элементов кардиоциклов, расчет весовых коэффициентов для модели ЭКГ по реальному сигналу.

С целью исследования ЭКГ сигнала было создано программное обеспечение на высокоуровневом языке программирования Python. В программе реализованы алгоритмы, ориентированные на моделирование, фильтрацию и анализ сигнала, которые могут использоваться в предварительной диагностике ЭКГ пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галанина Н.А., Иванова Н.Н. – Анализ эффективности синтеза устройств вычислительной техники для непозиционной цифровой обработки сигналов // Кибернетика и программирование. – 2015. – № 3. – С. 1 - 6. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.3.15354 Режим доступа: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=15354.
2. Гладких А.А. – Использование языка программирования Python для разработки расширений систем автоматизированного проектирования // Вестник Екатеринбургского института. – 2014. – № 3. – С. 7 - 16.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОЛИГОНА СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

*Сербин А.В., Адонин Н.Р., Носков М.Д., Щипков А.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: serbin-96@mail.ru*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ), в настоящее время, является одним из наиболее перспективных методов добычи урана. Важную роль в процессе СПВ играют насосные агрегаты. В качестве насосного агрегата в СПВ используется погружной электроцентробежный насос. Анализ и прогнозирование состояния насоса являются важной задачей. Для ее решения предлагается использовать информационную систему (ИС).

ИС осуществляет оценку работоспособности насоса и прогнозирует ее неисправности. Исходными данными ИС являются количество произведенных автоматических повторных включений после срабатывания защиты, выходная частота, ток, напряжение преобразователя частоты станции управления насосом, уровень раствора в откачной скважине, производительность насоса и т.д. Выходными данными являются тип неисправности и прогнозируемое время ее возникновения. В основе работы информационной системы лежит искусственная нейронная сеть (ИНС).

ИНС - система соединенных и взаимодействующих между собой искусственных нейронов, которые представляют собой сумматор произведений всех входящих сигналов на веса, количественно характеризующие связи между нейронами. К результату сумматора применяется функция активации, значение которой посылается на единственный выход нейрона. Топология ИНС состоит из входного, внутреннего слоя и выходного слоев. Для корректной работы ИНС, ее нужно обучить. Обучение ИНС — процесс вычисления весовых коэффициентов связи нейронов одного слоя с нейронами другого слоя. Обучение ИНС происходит по алгоритму обратного распространения ошибки.

Результатом работы ИС является повышение срока эксплуатации, уменьшение затрат на ремонтные работы погружного электроцентробежного насоса, а также времени простоев скважины.

СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЁННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ

Смирнов К.В.¹, Фаустов Б.А.¹, Фаустова И.Л.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет,
198504 Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский просп., 35,

²Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: bogfaust@gmail.com

В данной работе рассмотрена реализация метода определения поля скоростей, который можно применять для нахождения оптического потока радионуклидных изображений. Поле скоростей — одна из форм представления движения объектов на изображении, при котором каждой точке изображения ставится в соответствие вектор скорости, отвечающий соответствующей точке на объекте. В работе приведено математическое описание используемого метода [1] и его реализация с применением облачных технологий.

Схема вычислительного процесса показана на рис. 1.

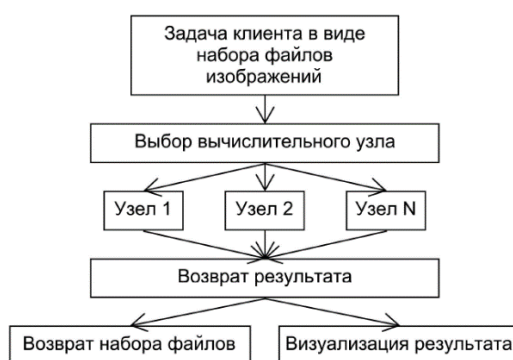


Рисунок 1 – Схема вычислительного процесса

Пользователь на вход подает несколько изображений, для каждой пары необходимо вычислить поле скоростей. Процесс вычисления состоит из следующих этапов:

- 1) выбор системой балансировки вычислительного узла для новой задачи;
- 2) загрузка данных на вычислительный узел;
- 3) вычисление поля скоростей для задачи;
- 4) предоставление результата пользователю в виде набора файлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Horn B. K. P., Schunck B. G. Determining optical flow // Artificial Intelligence. 1981. No 17. P. 185–203.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОГРУЖНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ПРИВОДА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

*Сычев М.И., Адонин Н.Р., Щипков А.А.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: sychevmaximick@yandex.ru*

Наиболее экологичным и перспективным способом добычи урана в настоящее время является скважинное подземное выщелачивание (СПВ). В качестве ведущих технологических агрегатов на добычной стадии цикла СПВ широко используются погружные электроцентробежные насосы (ЭЦН). ЭЦН позволяют обеспечить широкий диапазон регулирования расхода продуктивного раствора, приемлемые показатели надежности. Учитывая большое количество погружных скважинных насосов на месторождении, их значительную суммарную установленную мощность повышение надежности работы насосных агрегатов и их эффективность оказывают значительное влияние на себестоимость добычи урана. В связи с этим исследование режимов работы ЭЦН становится актуальной задачей. Математическое моделирование привода ЭЦН является перспективным подходом к её решению.

В настоящей работе рассмотрено построение динамической модели частотно-регулируемого привода в системе MATLAB при реализации скалярного закона управления асинхронным двигателем. Разработанная модель позволяет исследовать статические и динамические режимы работы ЭЦН при изменении управляющих и возмущающих воздействий. Для проверки адекватности модели создан лабораторный стенд, позволяющий задавать частоту питающего двигателя напряжения при различном моменте на валу. В состав стенда входят преобразователь частоты, собственно асинхронный двигатель, соединенный с нагрузочным генератором, система нагрузочных реостатов с включенным амперметром и промышленный контроллер, управляемый с помощью ПК. Использование ПЛК позволило максимально автоматизировать управление преобразователем частоты и обеспечить фиксацию измерений, для чего разработано специальное программное обеспечение.

Сравнение результатов математического моделирования с данными реального асинхронного электропривода позволяет судить об адекватности математической модели.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Теровская Т.С., Носков М.Д.

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

Метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ) активно используется при добычи урана и других ценных металлов. В России доля урана, добываемого данным способом с каждым годом увеличивается, в связи с этим становятся актуальными различные прикладные исследования и разработки, направленные на повышение эффективности процесса СПВ на всех стадиях добычи. В настоящее время, одним из инструментов повышения эффективности различных технологических процессов является математическое моделирование. В настоящей работе представлены результаты использования специализированных программ 3D моделирования для оценки геотехнологических показателей отработки проектируемых блоков и выбора оптимальных схем вскрытия.

С помощью системы геологического моделирования на основе данных разведывательного бурения была построена 3D геологическая модель продуктивного горизонта. Были созданы пространственные распределения коэффициента фильтрации и урана, проведена оценка геологических характеристик блоков (рудная мощность, эффективная мощность, средний метропроцент, запас и др.) Созданная геологическая модель была использована для расчета показателей отработки проектных блоков с помощью 3D геотехнологической моделирующей системы. Данная система позволяет проводить моделирование с учетом различных гидродинамических и физико-химических процессов. При моделировании учитываются планируемые режимы работы технологических скважин, составы рабочих растворов, неоднородности фильтрационных параметров продуктивного горизонта.

Результаты моделирования представлены в виде изоповерхностей на 3D сценах, таблиц основных геотехнологических показателей отработки проектных блоков, графиков временных зависимостей концентраций урана и кислоты в продуктивных растворах, массы добытого урана. На основе анализа результатов расчетов даны рекомендации по оптимальным схемам вскрытия проектируемых блоков, а также расположению фильтров технологических скважин.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХСКВАЖИННОГО ОПЫТА НА ДОБРОВОЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ УРАНА

Теровская Т.С., Носков М.Д.

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

В России, на фоне снижения добычи горным способом растет производство концентрата урана, добытого методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Этот метод в настоящий момент признан МАГАТЭ самым экологичным и безопасным для окружающей среды. В Курганской области идет подготовка к разработке Добровольного месторождения урана методом СПВ. В декабре 2019 года планируется приступить к строительству опытно-промышленного участка.

На стадии проектирования строительства добычных объектов важно определить оптимальные характеристики расположения технологических и наблюдательных скважин, оценить уровень влияния добычи урана на окружающую среду. Для решения этих задач целесообразно использовать методы математического моделирования.

В настоящей работе с помощью системы геоэкологического моделирования, разработанной в СТИ НИЯУ МИФИ, произведены эпигнозные и прогнозные расчеты двухскважинного опыта, проведенного в 1989 году на Добровольном месторождении урана. Путем сравнения фактических значений концентраций компонентов в растворах откачной скважины, участвующей в опыте, с результатами эпигнозных расчетов, были определены физико-химические параметры взаимодействия выщелачивающих растворов с породой для долгосрочного прогнозного моделирования процесса самоочистки продуктивного горизонта. Прогнозное моделирование выполнено до 2050 года, и позволяют увидеть распределения различных компонентов в пространстве на разные моменты времени.

По результатам моделирования сделаны следующие выводы: область загрязнения подземных вод локальна, и находится вблизи технологических скважин; из-за низкой скорости движения подземных вод ореол загрязнения смещается на незначительное расстояние от места проведения опыта, около 15 метров за 50 лет; после завершения опыта происходит самоочищение продуктивного горизонта. Снижение концентрации загрязняющих веществ происходит в результате взаимодействия остаточных технологических растворов с порообразующими минералами, новообразования минералов и разбавления пластовыми водами.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗУБЦОВ КАРДИОЦИКЛА С ПОМОЩЬЮ СМЕСИ ФУНКЦИЙ ГАУССА

Тиханов А.А., Иванов М.Л.

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

Сердечно-сосудистые заболевания человека являются основной причиной смертности во всем мире. Большое количество людей работают в сфере здравоохранения с целью улучшить сложившуюся ситуацию. Применение методов цифровой обработки сигналов при анализе электрокардиограммы положительно сказывается на продолжительности жизни населения [1].

Для разработки оптимального алгоритма детектирования элементов в кардиоцикле был выбран метод моделирования искусственной электрокардиограммы с помощью смеси функций Гаусса [2], способную сформировать эталонную ЭКГ по заданным параметрам.

Реализация метода выполнена в пакете прикладных программ Matlab, где разработан модуль, содержащий алгоритм построения кривой кардиоцикла по математической модели для пяти зубцов: P, Q, R, S, T. Входными данными использовались весовые коэффициенты амплитуд и временные интервалы для каждого зубца в отдельности.

Из-за специфической формы комплекса QRS в отличие от отдельно расположенных зубцов P, T потребовался перерасчет значений и места положения отсчетов сигнала, для того чтобы переход сигнала из Q зубца в R зубец (из R в S) осуществлялся без приближения к горизонтальному положению линии.

Для формирования искусственной электрокардиограммы был разработан алгоритм в программе Matlab, способный моделировать ЭКГ сигнал с помощью смеси функций Гаусса с модифицированным QRS комплексом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения. Сердечно-сосудистые заболевания. Информационный бюллетень № 317. Январь 2015 г. Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/>.
2. Роззувайло Д.Ю. Метод экспресс – диагностики состояния сердечно – сосудистой системы по косвенным оценкам параметров электрокардиограммы путем ее аппроксимации смесью функций Гаусса // Компьютерные системы и информационные технологии. – 2012. - № 1. – с. 131 – 137.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРАНОВОГО ОРУДНЕНИЯ НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ ПРИ СКВАЖИННОМ ПОДЗЕМНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ

*Филонова А.А., Теровская Т.С., Носков М.Д.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: Alina1901Filonova1901@gmail.com*

В настоящее время одним из перспективных способов извлечения полезных ископаемых является метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ). В данном процессе на руду воздействуют выщелачивающими реагентами на месте её залегания, с целью перевода в раствор ценного компонента и дальнейшего его извлечения. В связи с высокими затратами на натурные эксперименты, целесообразно использовать методы математического моделирования для исследования эффективности процесса СПВ.

В настоящей работе для изучения процесса добычи урана и исследования влияния неоднородности распределения уранового оруднения на геотехнологические показатели отработки блоков, было использовано специализированное программное обеспечение «Курс», разработанное в СТИ НИЯУ МИФИ. Программное обеспечение «Курс» позволяет создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя информацию о характеристиках геологической среды и технологических объектов, а также проводить моделирование процесса выщелачивания урана с учетом геохимических и геологических особенностей продуктивного горизонта, режимов технологических скважин, а также составов выщелачивающих растворов.

В работе было исследовано влияние неоднородности распределения продуктивности на геотехнологические показатели отработки технологической ячейки. Моделирование проводилось до момента добычи 80% урана. Получены карты распределений продуктивности, содержания кислоты и урана в технологических растворах продуктивного горизонта, временные графики концентрации урана и кислоты в продуктивных растворах, массы и доли добытого урана.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОКЛАВА

*Фланта С.Д., Недоступ Ю.А., Сюткин В.В.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: Flinta1998@mail.ru*

Задачей автоклавно-гидрометаллургического комплекса (АГК) является переработка флотационных золотосодержащих концентратов по технологии автоклавного окисления выщелачивание концентратов с последующим извлечением золота путем сорбционного цианирования кека окисленной пульпы с применением смолы PuroGold, десорбцией золота с осмолы, его электролитического выделения и плавкой катодного осадка на сплав Доре.

Основными регулируемыми параметрами в автоклаве являются:

- температура смеси;
- расход воды;
- расход пара;
- расход сжатого газа.

Система автоматизации автоклава позволит обеспечить проведение технологического процесса тепловой обработки продуктов в автоматическом, ручном и смешанных режимах. Она позволит оперативно изменять и корректировать подачу пара, воды и сжатого газа в аппарат без непосредственного участия человека. АРМ диспетчера позволит следить за процессами, происходящими в автоклаве, и их параметрами. Также в случае необходимости у человека есть возможность вмешаться в работу аппарата и вручную вводить данные для требуемой работы системы. АСУ ТП также сможет документировать и архивировать параметры и события технологического процесса.

Система адаптирована для работы с различным оборудованием.

Такая система автоматизированного управления допускает длительный режим эксплуатации на неограниченный срок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иргиредмет, Иркутский научно-исследовательский институт благородных и редких металлов и алмазов, Извлечение золота серебра из технологически упорных руд и флотационных концентратов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.irgiredmet.ru/activities/index.php?ID=637&SID=96> (дата обращения 27.10.2019).
2. Радиоавтоматика, Автоматизированная система управления автоклавом АСУ АВ-02 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.radioavt.ru/asuav02.php> (дата обращения 27.10.2019).

ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ФИЛЬТРОВ СКВАЖИН ПО ВЕРТИКАЛИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СПВ

*Шамраева А.О., Носков М.Д., Теровская Т.С.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail:kurgaa@sibmail.com*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) урана – это способ добычи, при котором с помощью закачных скважин в недра подается выщелачивающий раствор, уран, взаимодействуя с раствором, переходит в жидкую фазу, и извлекается на поверхность через откачные скважины. СПВ применяется при залегании урансодержащих руд в проницаемых породах. Эффективность процесса выщелачивания зависит от соотношения проницаемости пустых и рудосодержащих пород.

В настоящей работе проведены исследования влияния расположения фильтров технологических скважин на геотехнологические показатели отработки блока, при залегании рудного тела в менее проницаемых породах, по сравнению с проницаемостью пустых пород. Для проведения исследования использовалось специализированное программное обеспечение «Курс 3D», способное моделировать процесс добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания с учетом гидрогеохимических и геологических особенностей строения продуктивного горизонта, режимов работы технологических скважин и составов выщелачивающих растворов.

Была построена 3D цифровая модель блока, состоящего из одной гексагональной ячейки (1 откачная скважина и 6 закачных скважин). Продуктивный горизонт включал в себя три пропластка с коэффициентами фильтрации верхнего и нижнего пропластка – 5 м/сут, рудное тело располагалось в среднем пропластке с коэффициентом фильтрации – 1 м/сут. Исследование проводилось при следующих расположениях фильтров технологических скважин: 1) фильтры посажены по руде; 2) фильтр откачной скважины - ниже оруднения, фильтры закачных скважин - выше оруднения. Дебиты скважин и составы выщелачивающих растворов не менялись.

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод, что смещение фильтров скважин в случае расположения рудного тела в слабопроницаемом пропластке повышает эффективность процесса СПВ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПВ УРАНА В ПРОДУКТИВНОМ ГОРИЗОНТЕ С ФИЛЬТРАЦИОННОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ В РАЗРЕЗЕ

*Шамраева А.О., Носков М.Д., Теровская Т.С.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:kurgaa@sibmail.com*

Эффективность разработки месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ) зависит от гидрогеологического строения рудовмещающего горизонта. Важным фактором, влияющим на процесс СПВ, является фильтрационная неоднородность продуктивного горизонта в плане и разрезе. В настоящей работе проведено исследование влияния вертикальной фильтрационной неоднородности на процесс СПВ.

Рассматривалась работа блока, состоящего из одной гексагональной технологической ячейки (блок с 1 откачной скважиной и 6 закачными). Продуктивный горизонт включал в себя три пропластка с различными проницаемостями: рудное тело мощностью 5 метров расположено в среднем пропластке, выше и ниже рудного тела располагались проницаемые пропластки с одинаковой мощностью 20 метров. Рассматривались варианты: все пропластки имеют одинаковую проницаемость; проницаемость пропластка, содержащего рудное тело, больше в 5 раз или меньше в 5 раз верхнего и нижнего пропластка. Моделирование проводилось с помощью программного обеспечения «Курс 3D» [1], разработанного в Северском технологическом институте НИЯУ МИФИ.

В результате моделирования было проведено сравнение геотехнологических показателей отработки блока с различной фильтрационной неоднородностью. По итогам были построены графики зависимости от времени концентрации урана и серной кислоты в технологическом растворе, а также массы извлеченного урана. Сформированы распределения в технологических растворах продуктивного горизонта концентраций SO^{2+}_4 , H_2SO_4 и U, а также содержание урана в породе. Анализ результатов моделирования показывает, что наиболее эффективно процесс СПВ проходит, когда центральный пропласток, содержащий рудное тело, имеет наиболее высокую проницаемость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валитов и др. //Изв. Вузов. Физика.-2017-Т. 60-№11/2.-С.3

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Шамраева А.О., Иванов К.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail:kurgaa@sibmail.com, KAIvanov@mephi.ru*

В современных условиях при построении систем автоматизации технологических процессов использование искусственных нейронных сетей (ИНС) становится обыденным. Их используют для решения широкого круга задач, связанных с моделированием, управлением, диагностикой и прогнозированием различных ситуаций. ИНС является математическим аппаратом, который имеет ряд преимуществ, в задачах моделирования и управления сложными нелинейными объектами или объектами со сложной внутренней структурой, по сравнению с традиционными способами. Так же, ИНС применяют для сокращения времени разработки сложной модели с заданными параметрами качества.

Так как на технологической площадке АО «СХК» развивается новое конверсионное производство оксидов титана, сотрудники предприятия сталкиваются с целым рядом вызовов по созданию данного производства, от функционирования до технологического контроля. Использование математического аппарата ИНС позволит решить часть возникающих сложностей, связанных с описанием и управлением технологическими процессами.

Большой спектр ИНС дает множество возможностей для развития автоматизации технологического процесса производства оксидов титана. Одним из перспективных направлений, является создание экспертной системы по выработке рекомендаций, связанных с созданием производственного плана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тарик Р. С58 Создаем нейронную сеть. : Пер. с англ. — СПб. : ООО «Альфа-книга», 2017. — 272 с. : ил. — Парал. тит. англ. ISBN 978-5-9909445-7-2 (рус),
2. Каллан Р. К17 Основные концепции нейронных сетей. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2001. — с. : ил. —Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0210-X (рус).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ОСТАНОВКИ БЛОКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шрайнер А.Э., Носков М.Д.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: Artshrayner@gmail.com*

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) в настоящий момент является одним из наиболее эффективных методов добычи урана, при котором происходит воздействие на залежь на месте залегания с целью перевода полезных компонентов в раствор и последующее их извлечение.

В процессе отработки блока происходит уменьшение значения концентрации урана в продуктивных растворах до уровня, при котором дальнейшее его извлечение экономически неэффективно. Известно, что после завершения работы блока концентрация урана в технологических растворах некоторое время возрастает в результате продолжающегося взаимодействия выщелачивающего агента с урансодержащими минералами. Этот эффект можно использовать для извлечения дополнительного урана.

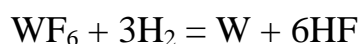
В настоящей работе рассмотрено влияние кратковременной остановки эксплуатационного блока на эффективность извлечения урана на завершающей стадии эксплуатации. В ходе работы были проведены исследования на модельных блоках, параметры (коэффициент фильтрации, пористость, мощность пласта, средняя продуктивность, плотность породы и т.д.) которых соответствовали характеристикам реальных месторождений. Рассмотрены два варианта кратковременной остановки блоков: при извлечении урана до 80% и при достижении содержания урана в продуктивных растворах 10 мг/л. После остановки блока среднее содержание кислоты в технологических растворах продуктивного горизонта начинает убывать. При этом, пока содержание кислоты находится на достаточно высоком уровне, концентрация урана в продуктивном горизонте возрастает. Когда содержание кислоты снижается до определенного уровня, концентрация урана также начинает уменьшаться. С помощью математического моделирования определены оптимальные моменты времени, когда концентрация урана достигает максимума, и целесообразно повторное включение блоков для извлечения остаточного продуктивного раствора.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕКСАФТОРИДА ВОЛЬФРАМА ВОДОРОДОМ

Шубин А. К., Брендаков В.Н.

*Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36,
e-mail: shubin_andrey_1996@mail.ru*

Осаждение вольфрама из газообразной смеси гексафторида вольфрама и водорода является относительно новым технологическим процессом, позволяющим решать широкий круг задач, возникающих при создании современной техники, включая нанесение покрытий различного назначения и получение разнообразных изделий из вольфрама, которые затруднительно или невозможно изготовить традиционными методами. [1].



Для количественного анализа описанного процесса необходимо четко сформулировать физико-химическую постановку и математическую модель процесса осаждения вольфрама из смеси его гексафторида с водородом при стехиометрическом соотношении компонентов, на основе которой можно рассчитать основные показатели процесса при заданных параметрах без проведения многочисленных трудоемких и финансово затратных экспериментов.

В данной работе построена математическая модель течения вязкой несжимаемой среды. Рассматривается двухмерная задача течения вязкой смеси газов, описываемая на основе уравнений Навье – Стокса. Решение поставленной задачи ищем в переменных «скорость-давление».

Для решения систем дифференциальных уравнений, типа уравнений переноса скалярной транспортабельной субстанции, в работе использовалась неявная двухслойная схема переменных направлений, предложенная Дугласом и Ганом и записанная в «дельта» форме [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Королев Ю. М. Экологически чистый фторидный передел в технологии вольфрама. Обоснование технологического цикла с кругооборотом фтора и водорода // Изв. вузов. Цвет. металлургия. 2016. № 6. С. 29 – 41.
2. Douglas J. A general formulation of alternating direction implicit methods. Part 1: Parabolic and hyperbolic problems / J. Douglas, J.E. Gunn // Numerische Math. – 1964. – В. 6. – S. 428–453.

*Секция
Машины и аппараты ядерной технологии*

ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА УРАНА

Болтовская Н.А.¹, Кропочев Е.В.², Макаеев Ю.Н.¹

*¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,*

*²Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр-т Ленина, 30
e-mail: nboltovskaya15@gmail.com*

Современная жизнь развивается благодаря нашей вере в будущее. Для экономического роста (отчего зависит благосостояние страны и нашей жизни) нужны энергия и сырье – а их запасы совсем не безграничны. Решением проблемы является развитие ядерной энергетики и повышение значимости химических и радиохимических процессов при производстве ядерного горючего из природного сырья, а также переработке отработанного ядерного топлива (ОЯТ).

Сегодня получение плутония или высокообогащенного урана (по изотопу ^{235}U) для военных целей сокращается, уступая место получению урана низких уровней обогащения для нужд ядерной энергетики.

Наиболее изученным ядерным топливом для атомных реакторов является диоксид урана с обогащением по урану-235 до 5%. Ядерное топливо представляет собой тепловыделяющие сборки (ТВС), в которые помещаются герметизированные стержни (ТВЭЛЫ), снабженные топливными таблетками диоксида урана.

В технологии производства ядерного горючего особую роль играет гексафторид урана (ГФУ) – единственное газообразное соединение урана, используемое для разделения изотопов с помощью центрифуг, а также является исходным продуктом для получения диоксида урана в методах конверсии.

Необходима схема установки получения диоксида урана методом гидролиза гексафторида урана с последующей экстракционной очисткой, осаждением диураната аммония, сушкой, прокалкой и восстановлением водородом до диоксида урана.

ДЕСУБЛИМАЦИЯ UF_6 В ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПОГРУЖНЫЕ ЕМКОСТИ

Верлинский М.В., Малюгин Р.В., Орлов А.А.
НИ Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail: orlova@tpu.ru

Для определения влияния оребрения вертикальных погружных емкостей для десублимации UF_6 на среднюю производительность и время заполнения использовалась математическая модель [1].

Расчеты проводились для емкостей объемом 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 м³ с гладкими внутренними стенками, вертикальным и горизонтальным оребрением (12 ребер). Размеры ребер подбирались таким образом, чтобы общая площадь их теплообменной поверхности была одинакова. При этом соблюдались ограничения, исключающие перемерзание десублимата во входном клапане и на ребрах емкости.

Результаты расчетов средней производительности представлены в виде графика на рисунке 1.

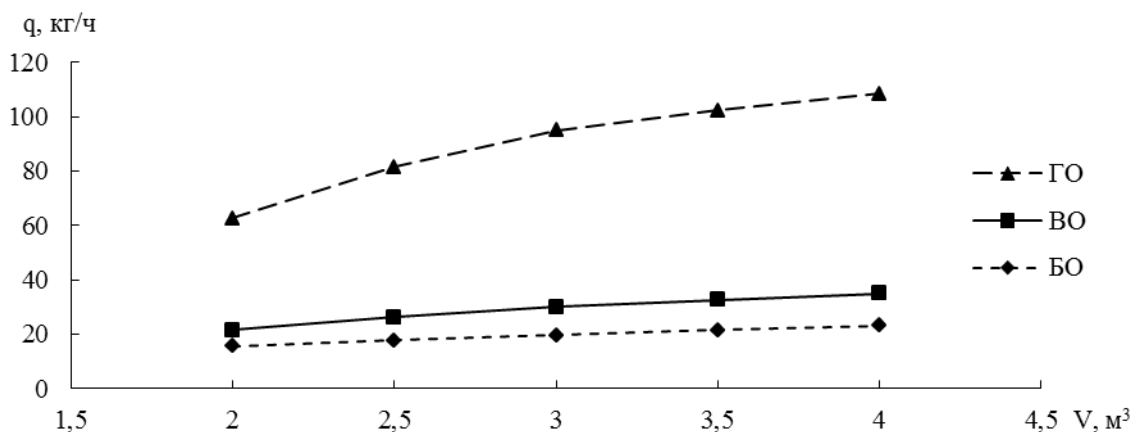


Рисунок 1 – Зависимость средней производительности емкостей (БО – без оребрения; ВО – с вертикальным оребрением; ГО – с горизонтальным оребрением) от объема емкости

Из рисунка 1 видно, что средняя производительность емкостей с горизонтальными ребрами выше, чем у емкостей с вертикальными ребрами, имеющими одинаковую площадь теплообменной поверхности, и значительно выше, чем у емкостей с гладкими внутренними стенками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Orlov A.A., Tsimbalyuk A.F., Malyugin R.V., Glazunov A.A., Dynamics of UF_6 desublimation with the influence of tank geometry for various coolant temperatures, MATEC Web of Conferences. 72 (2016) 01079.

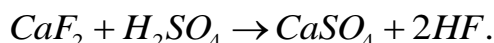
УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРОВОДОРОДА

Глаголев Н.А., Зарипова Л.Ф.

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

Фтороводород – бесцветный газ или легко испаряющаяся жидкость с очень резким запахом. На воздухе дымится из-за взаимодействия с водой. В безводном состоянии фтороводород химически инертен. В присутствии воды проявляет сильные окислительные свойства, образуя при этом плавиковую кислоту. Фтороводород токсичен. Класс опасности –1.

Основным промышленным способом получения фтороводорода до настоящего времени является сернокислотное разложение плавикового шпата:



Процесс проводят в стальных печах при температуре 220–260 °С. Сдозированные количества плавикового шпата, моногидрата серной кислоты и рабочей смеси кислот поступают в реактор-смеситель. В реакторе разложения – барабанной вращающейся печи при температуре 200–250 °С заканчивается разложение плавикового шпата с образованием реакционного газа, содержащего фтороводород и газообразные соединения примесей, а также образуется твердый отвалный гипс.

Реактор разложения представляет собой установленный под углом 1 – 2° к горизонту вращающийся со скоростью 1 – 2 об/мин стальной барабан. Барабан на 70 % его длины помещен в греющую камеру, снабженную в нижней части ТЭНами. Трехзонный обогрев обеспечивает температуру в греющей камере 500 – 600 °С.

Через неподвижную переднюю головку барабанной печи выводится реакционный газ, содержащий: 85 – 90 % HF, 6 – 10 % H₂O, 5 – 7 % H₂SO₄, 4 – 5 % SiF₄, который подвергается промывке абсорбционной серной кислотой в колонном аппарате, где происходит его частичная очистка от высококипящих примесей (H₂SO₄, H₂O). Затем газ поступает на конденсацию фтороводорода в кожухотрубчатый теплообменник, где происходит частичная очистка фтороводорода от низкокипящих примесей (SO₂, SiF₄). Конденсат фтороводорода, содержащий 0,6–1,5 % сернистого ангидрида, 0,03–0,06 % кремнефтористоводородной кислоты, 1,5–2,0 % воды, 0,5–1,0 % серной кислоты, 90–97 % фтороводорода подается на окончательную очистку путем двойной ректификации.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ

Гнедов И.С., Догаев В.В.

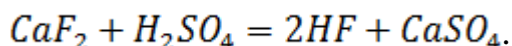
*Северский Технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:gnedov.ilya@yandex.ru*

Флюорит, называемый в народе плавиковым шпатом, является кальциевой солью неизвестной кислоты. Формула плавикового шпата – CaF_2 . В кислоту переходит лишь фтор, соединяясь с водородом. Получается фтороводород. То есть, у плавиковой кислоты формула HF .

Получают фтористый водород (HF) путем разложения обогащенного плавикового шпата крепкой серной кислотой (олеумом). Концентрат плавикового шпата и серную кислоту смешивают в строго определенном соотношении, так как недостаток или избыток того или иного компонента приведет к ухудшению качественных и количественных показателей производства фтористых солей на других переделах.

Смешение концентрата плавикового шпата с серной кислотой осуществляется в специальном аппарате – питателе-смесителе. Серная кислота поступает в смеситель из напорных бачков. В смесителе концентрат плавикового шпата и серная кислота постепенно смешиваются.

Разложение плавикового шпата серной кислотой происходит в реакционной печи, с образованием фтористого водорода и сернокальциевой соли (гипса) по реакции



Образующийся в результате разложения плавикового шпата газ, содержащий фтористый водород, уходит из печи через специальный патрубок. Далее газ очищают от серной кислоты. Очистка газа производится в грязевике, заполненным коксом. При прохождении газа через толщу угля серная кислота, и часть пыли, содержащихся в нем, задерживаются в угольной насадке.

Газ по выходе из коксовых колонок поступает в абсорбционные башни с насадкой из угольных колец, где происходит поглощение его водой с целью получения плавиковой кислоты. Так как орошающая башни жидкость поглощает из газа остатки четырехфтористого кремния и пары серной кислоты, плавиковая кислота получается загрязненной. Обескремнивание происходит в стальных баках с мешалками, которые вращаются со скоростью 18-20 об/мин.

Очищенная плавиковая кислота содержит до 30% HF , 0,7-0,8% Na_2SiF_6 и не более 1,5 % H_2SO_4 .

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АТОМАРНОГО ВОДОРОДА

Грачев Е.К., Карташов Е.Ю.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: e.k.grachev@gmail.com*

Химическая промышленность является большим потребителем водорода. Водород используется в колоссальных количествах в синтезе аммиака, для сжижения каменного угля, в восстановительной металлургии. В будущем, тяжелые изотопы водорода станут источником топлива термоядерных реакторов.

Перспективным применением водорода является гидрирование металлов. Гидриды металлов обладают уникальным свойством – высокой хрупкостью, что делает процесс гидрирования перспективным в таком технологическом переделе, как измельчение.

В промышленности этот метод известен как водородная декрипитация. Этот метод нашел применение в порошковой металлургии магнитных сплавов. Процесс измельчения сплавов Nd-Fe-B осуществляется путем дробления слитка магнитного сплава на куски размером 10-20 мм и обработки их водородом. При температуре процесса 300-350⁰С происходит гидрирование межзёренной богатой неодимом фазы и ее деструкция. После гидрирования материал легко разрушается в порошок 1-3 мкм, так как зерна основной фазы Nd-Fe-B уже не связаны. К достоинствам метода относятся: высокая производительность и простота процесса, получаемые порошки стабильного качества, легко измельчаются, продолжительность измельчения незначительное, при этом отсутствуют окислительные процессы.

Водород существует в двух формах: в виде молекул и атомов. Атомарный водород рассматривается как вторая аллотропная модификация водорода. От молекулярного водорода, атомарный, отличается необычайной химической активностью, соответственно являясь более активным восстановителем. Он широко применяется в сварке тонких металлов.

Водородная декрипитация проводится молекулярным водородом. Если декрипитация будет проводиться атомарным водородом, уменьшается время протекания процесса гидрирования и снижается его температура, что делает этот процесс более экономически выгодным и применение его в промышленных масштабах позволит сократить себестоимость всего процесса. Авторами доклада будут подобно рассмотрены перспективы применения атомарного водорода.

УСТАНОВКА ПОЛУЧЕНИЯ ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ

Заринова Л.Ф., Панфилова М.В.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail:panfilova_masha1999@mail.ru*

Вода являются важнейшими компонентом в технологии производства метанола. Существует несколько методов получения деминерализованной воды, их можно разделить на безреагентные или физические методы и методы, в которых используются различные препараты (химические реагенты). Безреагентные (физические) методы применяются и как отдельные этапы в общем технологическом процессе обработки воды, так и самостоятельные методы, обеспечивающие получение воды требуемого качества.

Была разработана принципиальная аппаратно-технологическая схема получения деминерализованной воды методами постепенной очистки. Установка состоит из парожидкостного теплообменника для подогрева исходной воды до 20 °С агитатора для приготовления раствора коагулянта – $Al(OH)_3$, осветлителя с мешалкой, механических фильтров, катионитовых и анионитовых фильтров и декарбонизатора. Согласно схеме процесса сырая вода поступает из реки, подвергается обработке с целью получения питательной воды котлов установки производства метанола. Предварительная очистка осуществляется методом коагуляции взвешенных частиц с использованием коагулянта в осветлителе, где вода освобождается от взвешенных частиц. После осветлителя вода фильтруется на механических фильтрах. Деонизированная вода получается методом ионного обмена на катионитовых и анионитовых фильтрах с удалением ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- с отдувкой углекислого газа из воды в декарбонизаторе.

Обработка воды на стадии коагуляции выполнена одной технологической линией, на стадии фильтрации и затем ионообменной очистки разделяются на три потока. При получении деминерализованной воды отсутствует надобность разделения технологической нити, этот метод очистки позволяет в кратчайшие сроки выполнить поставленные задачи с минимальными потерями времени.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ГИДРИРОВАНИЯ РМЗ

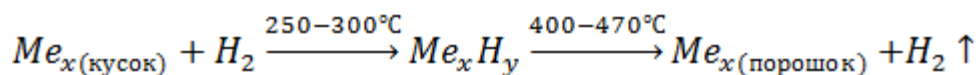
Карташов Е.Ю., Пилипенко А.М.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: pily141298@gmail.com*

Стремительное развитие высокотехнологичных отраслей, таких как: электроника, медицина, энергетика, оборонная и аэрокосмическая промышленность, невозможно без использования редкоземельных и редких металлов. В силу дороговизны РМЗ экономически выгодно, при массовом производстве, применение технологии изготовления изделий из металлического порошка.

Порошковая металлургия позволяет изготавливать высокоточные изделия, а также применяется для достижения особых свойств или заданных характеристик, которые невозможно получить каким-либо другим технологическим методом, что и предъявляет высокие требования к качеству порошка.

Одним из простейших и наиболее экономичных способов получения мелкодисперсного порошка из исходного массивного (кускового) металла РМЗ является способ гидрирования – дегидрирования. В соответствии с уравнением:



Для изучения процесса получения металлического порошка методом гидрирования – дегидрирования, был сконструирован стенд на котором разрабатывается, изучается и отрабатывается технология измельчения РМЗ. В частности был разработан основной аппарат данного химического процесса – реактор с системой автоматического перемешивания.

Особенностью этого стенда является автоматизация проведения процесса посредством установки датчиков, клапанов и автоматики, а также разработка софта для управления с ПК.

Данные полученные на стенде будут использованы для проектирования полноценного производства порошка РМЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браудлер М., Брауэр Г. Руководство по неорганическому синтезу: в 6-ти томах./ Г. Брауэр – перевод с нем. – М.: Мир, 1985. – 320 с.
2. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. / Иоффе И.Л. – М.: Альянс, 2015. – 352стр.

УСТАНОВКА ОТВЕРЖДЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Кузнецова А.Н., Серебрянникова Е.А.

*Северский Технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический 65,
e-mail: norganskot19@mail.ru*

Технологический процесс на атомной электростанции сопровождается образованием жидких отходов, вредных для окружающей среды. Для поддержания необходимого водно-химического режима теплоносителя и снижения его радиоактивности, часть теплоносителя постоянно подвергается очистке на специальных фильтровальных установках. В качестве фильтрующих материалов применяются специальные ионообменные смолы и перлиты. Регенерационные воды этих фильтров, а также пульпы отработанных смол и перлита, являются жидкими радиоактивными отходами (ЖРО).

Обычно радиоактивные отходы должны обрабатываться и кондиционироваться, чтобы придать им форму, приемлемую для безопасной погрузки, хранения и захоронения. Методы обработки включают в себя уплотнение и сжигание твердых отходов, выпаривание и химическое осаждение жидких отходов. Кондиционирование обычно состоит из включения обработанных отходов в матрицы, которые отверждаются в блоки, обычно в пределах внешних контейнеров, обеспечивающих хорошую механическую прочность, стойкость к огню, низкую растворимость и хорошее коррозионную стойкость. Матрицами являются бетон, битумы, полимеры и стекло.

Отверждение, т.е. включение радиоактивных отходов в твердые матрицы при условии получения монолитной структуры обеспечивает надежную защиту окружающей среды. Наиболее распространенными методами отверждения жидких радиоактивных отходов низкой и средней активности являются цементирование и битумирование, высокой активности – остекловывание и включение в керамические формы. Кроме того, в качестве матриц могут использоваться стеклокерамика, стеклоцемент, металл, бетон, асфальт, полимеры.

На основании полученных данных была выбрана технологическая схема утилизации ЖРО, наиболее экономически удовлетворяющая современным требованиям, связанных с вопросами экологии и безопасности.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ПОРОШКОВ И ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СОРБЕНТОВ ПРИ ИСТИРАНИИ

Механникова Е. Л., Захаров А. Н.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, пр. Коммунистический, 65,
e-mail: anzakharov@terphi.ru*

Целью данной работы является создание универсальной установки, позволяющей использовать её в качестве малогабаритной шаровой мельницы для приготовления механических смесей порошков к твердофазному синтезу и измерения прочности различных видов сорбентов при истирании.

В основу разработки универсальной установки был положен механический привод малогабаритной шаровой мельницы, разработанный нами ранее.

Для использования установки в качестве шаровой мельницы были произведены необходимые расчеты, с целью определения конструктивных размеров барабана мельницы и размера используемых шаров. Был произведен подбор современного электропривода на базе планетарного мотор-редуктора МП-32, изготовлен блок управления электроприводом на базе микроконтроллера Arduino UNO с использованием драйвера двигателя постоянного тока типа L298N, что позволило изменять скорость вращения барабана мельницы в широком диапазоне.

Для использования установки в качестве прибора по определению прочности сорбентов при истирании на основании требований ГОСТа 16188-70 «Сорбенты. Метод определения прочности при истирании» разработаны рабочие чертежи двух совмещенных барабанов и двух стальных стержней, по которым они были изготовлены.

При этом настройка блока управления переводилась в режим, обеспечивающий, в соответствии с требованием ГОСТа 16188-70, стабильную скорость вращения равную 75 об/мин.

Работа выполнена в рамках проектной деятельности Северной инженерной школы в интересах лаборатории оксидной керамики и кафедры «Химия и технология материалов современной энергетики» СТИ НИЯУ МИФИ.

ПИРОЛИЗ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Миндалев П.Ю., Кузнецова А.Н.

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

Этилен и пропилен являются основным сырьем нефтехимической промышленности. Их производство имеет большое значения для экономики и народного хозяйства.

Пиролиз – основной способ получения этилена и пропилена. Это высокотемпературный термолиз газообразного, среднестиллятного и легко водородного сырья, который проводится при не высоком давлении и за короткий промежуток времени. В процессе пиролиза получают современные вещества с уникальными свойствами и является важнейшим этапом нефтехимии.

В промышленных условиях пиролиз углеводородов осуществляют при температурах 800 – 900 °С и при давлениях, близких к атмосферному (на входе в пирозмеевик - 0,3 МПа, на выходе - 0,1 МПа избыточных). Время пребывания сырья в пирозмеевике составляет 0,1 - 0,5 секунд.

Несмотря на достигнутый прогресс возможности этого процесса ограничены при использовании сырья, склонного к повышенному коксообразованию.

Усовершенствование процесса пиролиза является – гидропиролиз, заключающийся в замене части водяного пара водородом. Водород препятствует образованию кокса и тяжелых остатков, приводит к повышению выхода олефинов.

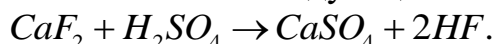
УСТАНОВКА РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ ФТОРОВОДОРОДА

Морозов Е.О., Заринова Л. Ф.

Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: zhekatamorozov007@gmail.com

Фтороводород играет ведущую роль в современной технологии фтора и фтористых соединений. Фтороводородная кислота используется промышленностью для получения разнообразных неорганических фторидов, в первую очередь фторида алюминия, криолита, тетрафорида урана.

Основным промышленным способом получения фтороводорода до настоящего времени является сернокислотное разложение плавикового шпата. Процесс протекает в барабанной вращающейся печи при температуре 230-250 °С с последующей конденсацией HF



Для получения фтороводорода требуется его очистка от высоко – и низкокипящих примесей. Процесс осуществляется прямой или обратной схем ректификации. При прямой схеме на первой стадии происходит, так называемая отпарка, в результате которой отщепляются низкокипящие примеси SO_2 , $H_2SiF_6(SiF_4)$. На второй стадии выделяется чистый фтороводород, а в кубовом остатке находятся высококипящие примеси – H_2O , H_2SO_4 , HSO_3F и др.

Этот способ эффективен для очистки сырца с высоким содержанием фтороводорода и малым содержанием H_2O и H_2SO_4 , так как их присутствие ухудшает очистку от SiF_4 и SO_2 . При обратной ректификации в первой колонне сырец фтороводорода подвергается ректификации для очистки от высококипящих примесей – H_2O , H_2SO_4 , HSO_3F . Затем пары с примесями конденсируются в кожухотрубчатом теплообменнике, часть конденсата подается на тарелку ректификационной колонны, а остальной конденсат поступает на насадочную часть второй ректификационной колонны, в которой происходит отделение фтороводорода от низкокипящих компонентов.

Схема обратной ректификации обладает преимуществами по сравнению с схемой прямой ректификации, где вначале удаляют низкокипящие примеси. По этой схеме обеспечивается высокое качество готовой продукции, возрастает прямой выход готового продукта в отделении ректификации, снижается нагрузка по фтороводороду на сернокислотную абсорбцию, что позволяет уменьшить безвозвратные потери фтороводорода.

РАДИОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОЯТ

*Панфилова М.В., Будко Е.А., Бродский В.М., Карташов Е.Ю.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: katerinka_alimpieva@mail.ru*

Энергообеспечение деятельности человеческого общества вызывает в последнее время значительные трудности. Создание устойчивой энергетики будущего возможно только при использовании восполняемых источников энергии или энергии деления ядер U и Pu при их взаимодействии с нейтронами.

Крупномасштабная ядерная энергетика может эффективно развиваться только на основе замкнутого ЯТЦ с воспроизводством ядерного топлива – плутония – и включением его в топливный цикл.

Регенерация ядерного топлива является основной задачей радиохимической технологии переработки отработавших ТВЭЛов АЭС.

Выгруженное из реакторов отработавшее ядерное топливо передается на переработку только после выдержки, то есть для снижения активности, после чего направляют на переработку.

Радиохимическая переработка ОЯТ – основная стадия закрытого варианта ЯТЦ, и обязательная стадия наработки плутония.

В зависимости от метода переработки выделяют: электрохимическую, гидрометаллургическую и комбинированную переработку.

Выбор соответствующих режимов электрохимического процесса позволяет производить дифференцированное растворение:

- 1) одновременно растворять оболочку и сердечник;
- 2) отдельно растворять оболочку, а затем сердечник;
- 3) растворять только сердечник.

Это дает возможность отделить основную массу конструкционных материалов от топливных на стадии растворения и при этом избежать потерь ценных компонентов, которые возможны при отделении оболочек на стадии предварительной подготовки. Решающее значение для успешного осуществления электрохимического растворения имеет конструкция аппаратов-электролизеров.

ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПРИ ЕГО РЕЦИРКУЛЯЦИИ В РЕАКТОРЕ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Прец А.А.

НИ Томский политехнический университет,
634034, г. Томск, пр. Ленина, 30,
e-mail: prets.anatoly@gmail.com

Получены зависимости изменения изотопного состава рециркулируемого топлива с подпиткой из обедненного урана. При каждом циклическом использовании топлива с подпиткой обеспечивается и поддерживается критическое состояние реактора. Длительность кампании ядерного топлива в свою очередь составляет не менее 1500 эффективных суток в каждом новом цикле загрузки ядерного топлива в реактор.

Изменение процентного содержания изотопов урана и плутония для наглядности представлены в относительных единицах. При этом максимальное значение содержания в топливе для каждого изотопа свое. Полученные значения представлены на рисунке 1.

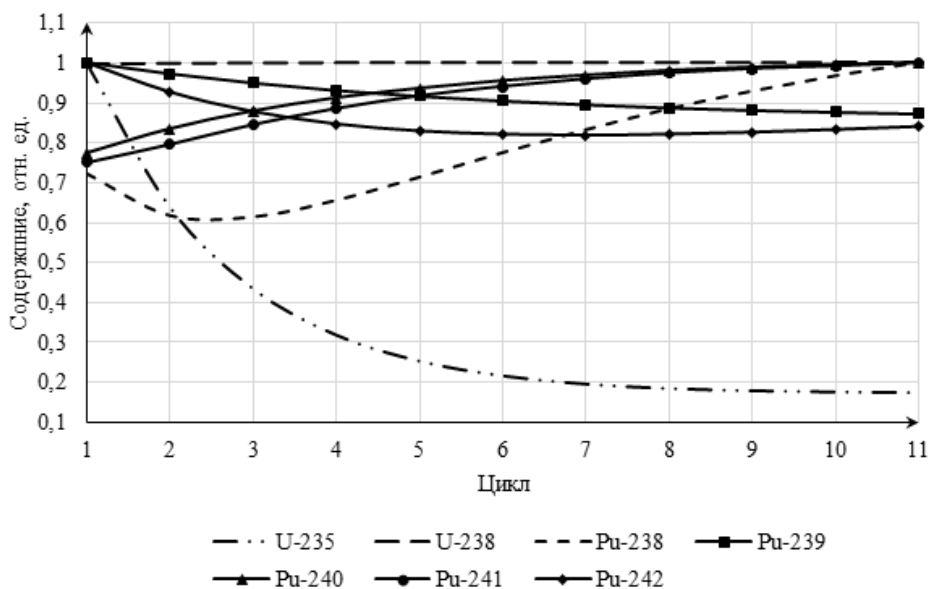


Рисунок 1 – Изменение содержания изотопов на конец кампании ядерного топлива в циклах загрузки

ЛИТЕРАТУРА

1. Troyanov V. M., Grachev A. F., Zabud'ko L. M., Skupov M. V. Prospects for using nitride fuel in fast reactors with a closed nuclear fuel cycle. // Atomic Energy, Vol. 117, No. 2, December, 2014 (Russian Original Vol. 117, No. 2, August, 2014), pp 85 – 91.

УСТАНОВКА ПЕРЕРАБОТКИ ОБЕДНЕННОГО ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Русаков И.Ю., Ткачук С.А.

*Северский Технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: semenaleksandroviht@gmail.com*

В настоящее время большинство атомных реакторов работает на урановом топливе, обогащенном по изотопу ^{235}U . Для реализации процесса обогащения природный уран переводят в форму гексафторида урана (UF_6), из которого частично (около 45-50%) извлекают ^{235}U . В результате обогащения образуется урановый продукт, который необходим для получения ядерного топлива, и обедненный гексафторид урана (ОГФУ), который отправляют на длительное хранение в герметичных стальных емкостях.

Атомная промышленность за время своего существования накопила большое количество ОГФУ, который до сегодняшнего дня складывается на площадках разделительных заводов. Несмотря на положительные показатели хранения ОГФУ, его химическая агрессивность делает подобный способ хранения потенциально опасным. При хранении контейнеры имеют свойство частично разгерметизироваться и загрязнять окружающую среду летучим UF_6 . В то же время UF_6 является ценным сырьем для получения безводного фтороводорода.

Разработана аппаратурно-технологическая схема, суть которой заключается в переработке ОГФУ. Переработка дает возможность безопасного хранения твердого октаоксида триурана до его использования в ядерном комплексе и регенерации фтора в виде плавиковой кислоты и безводного фтороводорода.

При переводе ОГФУ в U_3O_8 предполагается использование двухступенчатого процесса, в котором обедненный UF_6 реагирует с водяным паром при повышенных температурах - «сухой процесс». В «мокрых» процессах основные реакции происходят с использованием воды. В результате образуется обедненный U_3O_8 в виде пушистого порошка и 70 %-ный концентрат плавиковой кислоты.

Закись-окись урана подаётся на узел затаривания, откуда в контейнерах отправляется на специальный склад для длительного хранения.

Фтороводород конденсируется и на узле ректификации полученная 70 %-ная плавиковая кислоты доводится до 40 %-ной концентрации, также получается безводный фтористый водород.

ПОЛУЧЕНИЕ ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Таюрский Д.Р., Карташов Е. Ю.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: dimarekit@gmail.com*

Уран для всего мира является главной составной частью ядерного потенциала любой страны. Фторидные процессы имеют важное значение в его производстве, так как гексафторид урана UF_6 представляет собой актуальную тематику в изучении урановой технологии. Такой синтез урана, единственно применяемый в промышленности для деления изотопов урана U^{235} и U^{238} , способами центрифугирования или газовой диффузии для обеспечения делящимся веществом различных ядерных производств.

Технологическая применимость различных методов получения ГФУ определяется многими факторами, важнейшими из которых являются характеристика исходного и конечного продуктов, экономичность передела и возможность аппаратурного оформления процесса. Единственным используемым в промышленности методом производства гексафторида является высокотемпературная обработка тетрафторида урана фтором.

Производство гексафторида урана осуществляется в три стадии:

- 1) восстановление химических концентратов, а иногда очищенной трехокиси урана водородом или продуктами разложения аммиака (этот процесс отсутствует, если первичным сырьём применяется двуокись урана);
- 2) фторирование очищенной или технической двуокиси урана UF_4 ;
- 3) взаимодействие очищенного или технического тетрафторида урана с фтором.

После обогащения урана образуется значительный объём не применяемых в дальнейшем технологических процессах обеднённых остатков, хранимых в виде гексафторида урана в контейнерах на площадках при обогатительных заводах. Сейчас аккумулированы значительные количества ОГФУ, которые нужно рассматривать в будущем как дополнительно потенциальный источник сырья для получения уранового топлива и его производных.

Организационные, санитарные и технические меры, в обязательном порядке осуществляются на предприятиях Росатома для сохранения и повышения уровня безопасности при обращении с гексафторидом урана, обеспечиваются соблюдение всех отечественных и международных стандартов (МАГАТЭ).

УСТАНОВКА УЛАВЛИВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА

*Чухломин К.О. Догаев В.В.,
Северский Технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр.Коммунистический, 65,
e-mail: kostek07@mail.ru*

Загрязнение воздуха выбросами отходящих газов химических предприятий, в том числе и оксидами азота, наносит большой вред близлежащим районам, растительному и животному миру. Из-за увеличения коррозии сокращается срок службы строений, машин, аппаратов и приборов.

Технологические процессы на участке растворения урановых концентратов содержащих U_3O_8 включают в себя операции нагрева в концентрированных растворах HNO_3 , интенсивное перемешивание растворов барботажным воздухом, химическое взаимодействие, сдувку, передачи растворов с использованием сжатого воздуха. Для очистки газов от оксидов азота и радионуклидов урана на установках применяется двухступенчатая очистка.

Парогазовая смесь из реакторов-растворителей вначале поступает в холодильник, где освобождается от основного количества азотной кислоты, которая самотёком стекает в один из реакторов-растворителей. Для перевода нерастворимого оксида азота (NO) в растворимую форму (NO_2) в приёмный трубопровод подаётся кислород. Газовая смесь из холодильника эжектором протягивается через девяти-тарельчатую колонну, на верхнюю тарелку колонны подаётся орошающий раствор. За счёт обмена фаз на тарелках происходит улавливание и укрепление азотной кислоты и очистка от аэрозолей урана. С нижней тарелки орошающий раствор стекает в сборник, откуда насосами через мерник возвращается на орошение колонны. После колонны, обеднённая газовая смесь протягивается эжектором через комбинированную колонну, состоящую из нижней 5-ти тарельчатой и верхней насадочной частей. В тарельчатую часть подаётся конденсат, в насадочную – разбавленная щелочь. За счёт большой высоты и объёма межтарельчатого пространства в нижней части колонны достигается необходимая степень очистки от оксидов и аэрозолей. За счёт большой поверхности насадки достигается нейтрализация и полное улавливание остаточных концентраций оксидов в газовой фазе. Очистка воздуха сдувочных и вентиляционных систем от аэрозолей урана на участке производится на мультициклонах и фильтрах. Улавливание аэрозолей на фильтрах проходит на поверхности фильтрующего материала за счёт электростатического взаимодействия между материалом и частицами.

ГИДРИРОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Эйрих К.А., Оглезнева Н.И., Карташов Е.Ю.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: no28062000@gmail.com*

Редкоземельные элементы (РЗМ) представляют группу металлов, которые сравнительно редко встречаются в земной коре (содержание $(1,6-1,7) \cdot 10^{-2}$ % по массе). Их сфера применения очень широка, так, например, некоторые РЗМ входят в состав стёкол, пропускающих инфракрасные лучи; иттрий (Y) и европий (Eu) используются, как конденсаторы в химической промышленности; смесь эрбия (Er) с оксидом урана (UO_2) позволяет повысить безопасность работы реакторов. Технология получения этих элементов многостадийна, включает различные виды и способы переработки сырьевых источников, одним из которых является гидрирование.

Вследствие этого, тема изучения самого процесса гидрирования РЗМ в настоящее время стала очень актуальна, тогда как несколько лет назад она не имела такой популярности. Гидрирование – это реакция взаимодействия водорода, для РЗМ оно проводится при полной изоляции его от кислорода и влаги воздуха. Для некоторых элементов этот процесс может проводиться с термической обработкой.

РЗМ являются химически активными материалами, поэтому температуры гидрирования их весьма разнообразны. Они могут реагировать, как и при повышенных, так и при комнатных температурах. В результате проведённых опытов была выявлена зависимость скорости реакции от температуры. При высоких температурах реакция протекает стремительно, при низких – пассивно. Некоторые металлы (лантан, церий) в мелко диспергированном состоянии реагируют с водородом при комнатной температуре, при этом процесс гидрирования сопровождается увеличением объёма самого материала на 13 %.

Давление газообразного водорода также играет важную роль в процессе гидрирования. Так, празеодим активно взаимодействует с водородом при давлении в 100 Атм., а церий – при 50-70 Атм.

Существуют также такие РЗМ, которые в порошкообразном состоянии не успевают прогидрировать (так как при мгновенном взаимодействии с кислородом они окисляются).

В результате проделанной работы было изучено влияние различных факторов на скорость протекания реакции гидрирования – температуры, давления, а также площади реакционной поверхности.

Секция
Социально-экономические проблемы атомной отрасли

РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТА

Вебер Д.А., Ретунская Т.Н.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: d275vda@edu.ssti.ru, rvn070851@mail.ru*

В современном обществе в различных отраслях профессиональной деятельности креативность выступает как один из ведущих факторов успешности человека. Креативность становится тем качеством, который обеспечивает возможность адаптироваться личности к быстро меняющимся условиям жизни и является залогом успеха человека в профессиональной деятельности.

В настоящее время существует множество подходов, направлений и теорий креативности вследствие того, что отсутствует единое и четко сформулированное определение значения креативности. Все исследования, посвященные изучению креативности, можно условно разделить на два направления [1], [2]:

1) первое направление связано с вопросом о том, зависит ли креативность от интеллекта, и ориентируется на измерение познавательных процессов в связи с креативностью. Представители «познавательного» направления Дж. Гилфорд, С. Тэйлор, Э. Торренс, А.Я. Пономарев и другие исследуют взаимосвязи между креативностью, интеллектом, когнитивными способностями и реальными достижениями. 2) представители другого направления Ф. Баррон, А. Маслоу, Д.Б. Богоявленская креативность рассматривают как психологические особенности личности. Многие экспериментальные исследования посвящены созданию «портрета творческой личности», выявлению присущих ей характеристик, определению личностных, мотивационных и социокультурных коррелятов креативности.

Независимо от направлений, принято считать, что развитие креативности у человека в основном определяется тем, в какой среде развивался человек и насколько данная среда, способствовала развитию творчества, поддерживала и развивала индивидуальность.

В статье нами рассматриваются различные подходы к определению креативности как личностного качества, определены основные способы и методы развития креативности студентов университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинин, В. Н. Психология общих способностей / В. Н. Дружинин. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2014. - 368 с.;
2. Ильин, Е. П. Психология творчества, креативности, одаренности. Мастера психологии / Е. П. Ильин. - СПб. : Питер, 2015. - 443 с.

СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ» КАК ЭЛЕМЕНТ ПОЛИТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ

Кузьмин А.А., Филиппова Н.А.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: kanimone@gmail.com*

Одним из основных ресурсов на производстве является трудовой потенциал предприятия. В настоящее время в атомной отрасли насчитывается более 250 тысяч сотрудников. Каждый второй из них – работник организации оборонно-промышленного комплекса.

Перед организациями стоят разного рода задачи – одним необходимо привлекать ученых, другим нужны высококлассные рабочие, а третьим важно привлечь молодых специалистов для того, чтобы обеспечить передачу знаний и опыта. Из этого формируются и основные направления социальной политики такие, как обеспечение нужных людей в нужном месте и своевременно, привлечь на работу молодых и высокопрофессиональных специалистов, а также сохранение лояльности работников.

Важнейшими социальными программами и направлениями, реализации которых руководством отрасли уделяется особое внимание стали: программа оказания содействия в улучшении жилищных условий; программы, направленные на сохранение здоровья работников и их детей; организация спортивных и культурных мероприятий; реализация негосударственного пенсионного обеспечения; программа помощи работникам в различных жизненных ситуациях. При этом нельзя не отметить и то, что в последние годы содержание программ очень разнообразно. Большой интерес представляют программы по развитию закрытых городов, а также программы по развитию альтернативной энергетики в России.

Несомненно, реализуемые проекты помогают поддерживать имидж и усиливать позиции корпорации не только в России, но и за рубежом. Это, безусловно, формирует доверие сотрудников и позволяет привлекать молодых специалистов в атомную отрасль.

Приоритетная задача Госкорпорации - забота о качестве жизни и труда своих сотрудников, так как это способствует в первую очередь повышению производительности, а также эмоционального настроения людей, что напрямую влияет на успешность компании.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Матина П.Н.¹, Колотков Г.А.²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

634050, г. Томск Томской обл., пр.Ленина, 36,

e-mail: matina_polina@mail.ru

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН,

634055, г. Томск Томской обл., пл. Академика Зуева, 1

Самые актуальные научные проблемы нашего времени имеют междисциплинарный характер, для их решения необходимы совместные усилия многих специалистов. Одна из важнейших задач современной науки в целом – исследование многообразного взаимодействия природы и общества для решения стоящих перед человечеством глобальных проблем, как сохранение благоприятной экологической среды, так и обеспечения населения природными ресурсами. Явление радиоактивности, прямо или косвенно связано с этими проблемами. Владея современными геоинформационными методами, можно принимать активное участие в решении таких междисциплинарных задач.

Геоинформационные методы позволяют корректно интерпретировать данные мониторинга радиоактивности и применяются для наглядности полученных результатов, проведения анализа закономерностей, обработки и систематизации полученных данных.

Использование ГИС-технологий дает возможность оперативно создавать электронные оценочные карты, отражающие современную радиационную обстановку.

Для Томской области, с территорией площадью 314391 км² и плотностью населения 3,43 чел./км², развитие дистанционных, оперативных и малозатратных методов, единственный рациональный и экономически выгодный способ изучения распространения радионуклидов в почвах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kolotkov G.A., Penin S.T., Matina P.N. Modeling The Spatial Distribution of Cesium-137 in Surface Soils in The Southeast of The Tomsk Region// Russian Open Conference on Radio Wave Propagation (RWP). 2019. V. 1. P. 454-457. DOI: 10.1109/RWP.2019.8810368;
2. Esri CIS [Электронный ресурс]
Режим доступа: https://www.esri-cis.ru/concept_arkgisa/press/ (дата обращения 24.02.2019).

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕГЕНЕРАЦИИ N,N-ДИМЕТИЛАЦЕТАМИДА В ПРОИЗВОДСТВЕ АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН

*Петренко А.Ю., Суздальцева А.М., Молоков П.Б.
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: petrenkoAY@yandex.ru*

Арамидные волокна – это высокофункциональные химические волокна с жёсткими цепочками полимера. Их молекулы удерживаются сильными водородными связями, позволяющими эффективно передавать механические нагрузки и дающими возможность использовать цепочки с низкой молекулярной массой. Арамидные волокна обладают множеством характеристик, дающим им преимущества по сравнению с традиционными волокнами: высокая прочность, устойчивость к истиранию, отсутствие электропроводности и низкая воспламеняемость. Благодаря комбинации этих свойств в последнее время арамиды широко применяются в различных отраслях производства.

N,N-Диметилацетамид – органическое вещество, диметиламид уксусной кислоты, очень важный компонент применяющийся в технологиях производства арамидных волокон. Данный реагент является относительно дорогостоящим продуктом и требуют больших объемов, поэтому важно наиболее экономично возвращать отработанный диметилацетамид на стадию производства.

Данная работа предусматривают экономический анализ вариантов очистки технологических растворов и регенерации диметилацетамида и хлористого лития, которые могут быть повторно использованы в производстве. Проведенный патентный анализ и литературный обзор показал несколько различных способов регенерации диметилацетамида из отработанных растворов после производства арамидных волокон.

В данной работе рассматривается экономический анализ каждой из предложенных технологий. Для комплексной оценки технологии нужно знать все численные параметры, что на данном этапе исследования не предоставляется возможным. Поэтому была предложена система критериев оценивания, за счет которой возможна оценка технологий производства на предварительном этапе.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОТРАСЛИ: ВЫЗОВЫ И ПРОБЛЕМЫ

Попова И.Г.

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

Цифровая трансформация, происходящая во многих сферах отечественной (да и мировой) экономики, затронула и атомную отрасль.

К традиционным ценностям Росатома (эффективность, безопасность, квалифицированные кадры, ответственность за результат и др.) добавляются новые запросы (комплексный характер современных задач, динамичность и гибкость, клиентоориентированность, инновации и др.).

А это означает, что профессиональная подготовка отраслевого специалиста помимо специальных знаний и умений должна обязательно включать компетенции в сферах информационных технологий. Для этого разработана компетентностная модель подготовки кадров для атомной отрасли в условиях цифровой трансформации, разработаны новые программы обучения, начато обучение студентов.

Предполагается, что такая специализация на стыке компетенций уже к 2024 году приведет в отрасль профессионалов, обладающих гибким мышлением, умеющих, а главное, желающих обучаться и подстраиваться под изменения, способных решать задачи цифровизации в нужном объеме без адаптационного периода.

Именно такие специалисты будут способствовать существенному повышению эффективности развития такой высокотехнологичной отрасли, как Росатом, а также создавать тот ресурсный потенциал, который необходим для цифровой трансформации российской экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнцева Е. Цифровизация атомной отрасли Влияние ключевого тренда мировой экономики на подготовку кадров. – Материалы Международной конференции «Безопасность АЭС и подготовка кадров», Обнинск 2018.

ЗАКРЫТОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Шамраева А.О., Кирсанова Е.С.

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ,
636036, г. Северск Томской обл., пр. Коммунистический, 65,
e-mail: kurgaa@sibmail.com, avkir@mail.ru*

В современном обществе право на доступ к информации является одним из фундаментальных прав в любом демократическом государстве. В таком случае вторжение в информационное поле для населения является необходимым с позиции здравого смысла. Ярким примером не информированности жителей служит Чернобыльская авария (1986 г.), когда из-за незнания была получена большая доля радиации. Население имеет право знать о любых негативных последствиях, причиняемых хозяйственной деятельностью, поэтому информация об опасности причинения здоровья не должна быть закрыта, даже если возникает риск раскрытия государственной тайны.

Экологическая безопасность в настоящее время признана одной из важнейших составных частей национальной безопасности во всем мире и требует широкой открытости и информированности населения об угрозах и рисках. В то же время существующее положение (политические моменты, конкуренция между фирмами, коммерческая тайна, которые способствуют закрытости, секретности высокотехнологических производств, наличию государственной тайны) показывает объективную необходимость сохранения значительной части информации в тайне.

Путей решения данной проблемы несколько: 1) информирование населения о любой намечаемой хозяйственной деятельности, обо всех источниках негативного воздействия и опасных последствиях их эксплуатации (например, информирование с помощью средств массовой информации, проведение лекций на тему экологического просвещения образовательными учреждениями, музеями, библиотеками и т.д.). Поток информации не должен быть слишком негативным или позитивным, он должен быть правдивым и актуальным; 2) повышение уровня ответственности работников (качество их подготовки, воспитание морально-нравственных качеств работника, качество их работы, ТБ, очистка и т.д.). Если цивилизованное общество будет придерживаться этих правил, все риски и угрозы могут быть сведены к минимуму.

СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НИЯУ МИФИ

Научное электронное издание

ИННОВАЦИИ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Научная сессия НИЯУ МИФИ – 2019

9-13 декабря 2019г.

Материалы конференции

Научный редактор: профессор, доктор физико-математических наук
М.Д. Носков

Компьютерное макетирование и набор текста:
А.А. Шевцова

ISBN 978-5-93915-144-3



9 785939 151443